

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number : 09-129541  
(43) Date of publication of application : 16.05.1997

---

(51)Int.Cl. H01L 21/027

---

(21) Application number : 07-284838 (71)Applicant : NIKON CORP  
(22) Date of filing : 01.11.1995 (72)Inventor : OKINO TERUAKI

---

## (54) CHARGED PARTICLE BEAM TRANSFER METHOD

### (57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To realize a charged particle beam separate transfer method which is improved in throughput using a compressed mask by lessening sub-regions on a mask to successively transfer in space between them.

SOLUTION: A pattern region 51P on a mask is divided into sub-regions P1,1, P1,2, ..., first two rows of sub-regions P1,1, P1,2, ..., P1,18 are moved in a+Y direction and transferred in order onto a corresponding row of transfer sub- regions arranged in a Y direction on a wafer. A third row of sub-regions P3,18, P3,17, ..., P3,10 are moved in a+Y direction and transferred in order onto a corresponding column of transfer sub-regions arranged in an X direction on a wafer. The center eight sub-regions P3,10 to P3,9 are repeatedly transferred in order onto corresponding continuous different transfer sub-regions on a wafer.

---

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]	31.10.2002
[Date of sending the examiner's decision of rejection]	
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]	
[Date of final disposal for application]	
[Patent number]	3601630
[Date of registration]	01.10.2004
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]	
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]	
[Date of extinction of right]	

---

## CLAIMS

---

### [Claim(s)]

[Claim 1] The part at least divides and forms on a mask the pattern which should be imprinted in the specific range of an induction substrate in two or more small fields estranged mutually. The charged-particle line to said mask is irradiated by making said small field into an exposure unit. While imprinting a pattern, respectively to two or more small imprint fields which said a part of small field [ at least ] performs a multiple-times exposure then, and change on said induction substrate with these exposures In the charged-particle line imprint approach which adjusts the pattern imprint location to said induction

substrate, and imprints a predetermined pattern in the specific range on said induction substrate so that said small imprint field corresponding to said small field may touch mutually on said induction substrate. When the sequential exposure of the charged-particle line is carried out to the small field arranged in the one direction when one train or two or more trains were considered as a unit within limits to which it was restricted on said mask, How to carry out a sequential imprint to said small imprint field of one train or two or more trains in the direction same on said induction substrate as the array direction of said small field on said mask, The charged-particle line imprint approach characterized by including the approach of carrying out a sequential imprint in the direction which intersects perpendicularly in the array direction of said small field to said small imprint field of one train or two or more trains.

[Claim 2] While the part at least divides and forms on a mask the pattern which should be imprinted in the specific range of an induction substrate in two or more small fields estranged mutually and repeating the exposure of the charged-particle line to said mask by making said small field into an exposure unit. The pattern imprint location to said induction substrate is adjusted so that two or more small imprint fields on said induction substrate corresponding to said two or more small fields may touch mutually on said induction substrate. In the charged-particle line imprint approach which imprints a predetermined pattern in the specific range on said induction substrate. When the multiple-times exposure of said two or more small fields arranged within limits to which it was restricted on said mask is periodically carried out one by one by the charged-particle line, The charged-particle line imprint approach characterized by imprinting a pattern one by one to more small imprint fields of two or more on said induction substrate than the number of said small field of said limited within the limits.

[Claim 3] While the part at least divides and forms on a mask the pattern which should be imprinted in the specific range of an induction substrate in two or more small fields estranged mutually and repeating the exposure of the charged-particle line to said mask by making said small field into an exposure unit. The pattern imprint location to said induction substrate is adjusted so that two or more small imprint fields on said induction substrate corresponding to said two or more small fields may touch mutually on said induction substrate. In the charged-particle line imprint approach which imprints a predetermined pattern in the specific range on said induction substrate. It responds to carrying out the multiple-times exposure of said two or more small fields arranged within limits to which it was restricted on said mask periodically one by one by the charged-particle line. The charged-particle line imprint approach characterized by deflecting the charged-particle line at the time of imprinting a multiple-times pattern repeatedly periodically also on said induction substrate with an electrostatic deflection vessel, and deflecting the charged-particle line to the outside of said limited range with an electromagnetic deflection vessel.

[Claim 4] While the part at least divides and forms on a mask the pattern which should be imprinted in the specific range of an induction substrate in two or more small fields estranged mutually and repeating the exposure of the charged-particle line to said mask by making said small field into an exposure unit. The pattern imprint location to said induction substrate is adjusted so that two or more small imprint fields on said induction substrate corresponding to said two or more small fields may touch mutually on said induction substrate. In the charged-particle line imprint approach which imprints a predetermined pattern in the specific range on said induction substrate. The border area surrounding said two or more small fields on said mask is regularly arranged in the shape of a grid. The charged-particle line imprint approach characterized by setting up the pattern space in said small field independently for said every small field, and setting said two or more small imprint fields corresponding to said two or more small fields as the location of arbitration.

[Claim 5] While the part at least divides and forms on a mask the pattern which should be imprinted in the specific range of an induction substrate in two or more small fields estranged mutually and repeating the exposure of the charged-particle line to said mask by making said small field into an exposure unit. The pattern imprint location to said induction substrate is adjusted so that two or more small imprint fields on said induction substrate corresponding to said two or more small fields may touch mutually on said induction substrate. In the charged-particle line imprint approach which imprints a predetermined pattern in the specific range on said induction substrate. It includes, also when one pattern is distributed to two small fields as a complementary pattern on said mask. When the exposure of the charged-particle line to said induction substrate top in the predetermined small field on said mask exceeds the specified quantity, It is the charged-particle line imprint approach which the pattern of said small imprint field is divided into an aforementioned number beyond a case of small fields, and said exposure has said specified quantity so that there may be no \*\*, and is characterized by making it the small field where it was these-divided at the time of an imprint lap on said induction substrate.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the charged-particle line imprint approach which imprints the pattern on a mask on an induction substrate by the division imprint method by the exposure of charged-particle lines, such as an electron ray and an ion beam, in detail about the charged-particle line imprint approach used at the lithography process for manufacturing a semiconductor integrated circuit etc.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, examination of the charged-particle line imprint equipment which enabled coexistence with improvement in the resolution of an imprint pattern and improvement in a throughput (productivity) is advanced. The equipment of the package imprint method which imprints collectively the pattern for one die (it is equivalent to one piece of the integrated circuit of a large number formed in one wafer.) or two or more dies from a mask to an induction substrate as such imprint equipment was examined conventionally. However, manufacture of the mask used as the original edition of an imprint is difficult for a package imprint method, and it is difficult for it to store the aberration of charged-particle optical system (it is only hereafter called "optical system") below in a predetermined value in the above big optical field by one die. So, by recently, the equipment of the division imprint method which divides into two or more small fields smaller than the magnitude equivalent to one die the pattern which should be imprinted to an induction substrate, divides for every smallness field, and imprints a pattern is examined.

[0003] Drawing 13 shows an example of the electron ray contraction imprint equipment of the conventional division imprint method, and is led to one of two or more of the small field 2a by which the electron ray EB with which it was injected from the non-illustrated source of an electron ray, and the cross section was orthopedically operated in the shape of a square was made to deflect only the predetermined distance delta from the optical axis AX of optical system with non-illustrated deflecting system, and was formed in the mask 2 in this drawing 13. Here, small field 2a is the part in which the transparency section of the electron ray corresponding to the pattern configuration which should be imprinted to a wafer 5 was prepared. Each small field 2a is mutually classified with border area 2b which intercepts or diffuses an electron ray. Once the electron ray EB which passed small field 2a connects Crossover (image of the source of an electron ray) CO through the non-illustrated 1st projection lens, it converges on one small imprint field 5b on the wafer 5 with which the electron beam resist as an induction substrate was applied through the non-illustrated 2nd projection lens. The image of the pattern corresponding to the transparency section of the electron ray formed in the small field 2a is projected on the small imprint field 5b with predetermined reduction percentage (for example, 1/4) by this. In addition, the Z-axis was taken in parallel with an optical axis AX, and the X-axis and a Y-axis are taken in parallel with two sides sides and small field 2a cross at right angles in a flat surface perpendicular to the Z-axis.

[0004] At the time of an imprint, the exposure of an electron ray EB is repeated by making small field 2a into a unit, and a sequential imprint is carried out at small imprint field 5b from which the contraction image of the pattern corresponding to the electron ray transparency section of each smallness field 2a differs on a wafer 5. The imprint location of the pattern image to a wafer 5 is adjusted so that small imprint field 5b corresponding to each smallness field 2a may touch mutually with the deflecting system which is not illustrated [ which was prepared into the optical path between a mask 2 and a wafer 5 ]. That is, only by converging the electron ray EB which passed small field 2a on a wafer 5 through non-illustrated the 1st projection lens and the 2nd projection lens, even the image of not only small field 2a of a mask 2 but border area 2b is imprinted with predetermined reduction percentage, and the non-exposed field equivalent to border area 2b is generated between each smallness imprint field 5b. Therefore, only the part equivalent to the width of face of border area 2b has shifted the imprint location of a pattern image. If the pattern image corresponding to all small field 2a formed in one mask 2 is imprinted on a wafer 5, the imprint of the pattern to imprint field 5a for one die on a wafer 5 will be completed. Under the present circumstances, it imprints, amending aberration of the focal location of the image of a small field, or the field by which image formation is carried out on a transferred side for every smallness field, such as distortion. Thereby, compared with a package imprint method, a large field can be covered optically, and the good imprint of resolution and precision can be performed.

[0005] In addition, opening corresponding to a repeat pattern like a memory cell is formed in a mask, and the approach of repeating and imprinting the image of this opening in two or more locations on a wafer is indicated by JP,5-36593,A. This approach is the point generated according to an adjustable plastic surgery diaphragm, without generating patterns other than a repeat pattern in a mask independent, divides and prepares the pattern which should be formed in an induction substrate in a mask, and differs from the imprint approach of the invention in this application on condition of generating all pattern images in a mask independent.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Small field 2a of a mask 2 and small imprint field 5b of a wafer 5 are made to correspond to 1:1 by the above-mentioned division imprint method. For example, as shown in drawing 14 (b), when dividing and imprinting imprint field 5a for one die on a wafer 5 to 100 small imprint field 5b, as shown in drawing 14 (a), 100 small field 2a of the number of partitions of small imprint field 5b and the same number is prepared in a mask 2. Since a pattern contracts to a wafer 5 and it imprints from a mask 2, only the inverse number twice of reduction percentage of the single magnitude of small field 2a are large to the magnitude of single small imprint field 5b corresponding to it. In addition, not only small field 2a but border area 2b is prepared in a mask 2. Therefore, as shown in drawing 14, the magnitude of P is always larger than the sum total area of the small field on the range (it is hereafter called "pattern space".) in which small field 2a of mask 2 is prepared 2 mask 2 corresponding to all small imprint field 5a by the side of a wafer 5. In addition, although it is considered that pattern space 2P and imprint field 5a was equivalent to a part for one die in the example of illustration, it is not always equal to a part for one die.

[0007] By the way, with electron ray imprint equipment, optical errors, such as resolution, become large, so that the amount of deviations shown in drawing 13 will become large, if it puts in another way so that the exposure location of an electron ray separates from the optical axis AX of optical system for the aberration of optical system. When an optical error considers the range settled in tolerance by the mask and wafer side, each of both range is given as a circular field centering on the optical axis AX of optical system on a mask side and a wafer side. Below, the range where an optical error is settled in tolerance in a "mask side optical field" and wafer side in the range where an optical error is settled in tolerance in a mask side is called the "induction substrate side optical field." In order to imprint the pattern of all small field 2a in a predetermined precision to a wafer 5 by the condition of having made the mask 2 and the wafer 5 all standing it still, one imprint field 5a of a wafer 5 needs to be contained in above-mentioned drawing 13, in the circular induction substrate side optical field Cw, respectively in the mask side optical pattern space 2 field Cm where P is circular of a mask 2.

[0008] In a contraction imprint here, since the mask side optical field Cm is fairly larger than the induction substrate side optical field Cw, the magnitude of imprint field 5a by the side of the pattern space 2 mask 5 corresponding to P or it of a mask 2 is restricted by the magnitude of the mask side optical field Cm of imprint equipment after all. If it puts in another way, although allowances of enough are in the optical field, in a wafer side, a pattern can be imprinted only in the limited range smaller than it. Therefore, though two or more imprint field 5a of a wafer 5 is contained in the induction substrate side optical field Cw of imprint equipment at once, the actuation which lets out each imprint field 5a one by one is needed for the limited range narrower than the induction substrate side optical field, the rate that the drive time amount of the stage to which a wafer 5 is moved occupies at all processes becomes long, and a throughput falls. If the overhead time when turning up especially a stage is accumulated (when changing a driving direction), a dead time will swell and a throughput will fall greatly.

[0009] So, in order to prevent the fall of such a throughput, about two or more small fields which have the same pattern in two or more small fields on a mask, it puts together to one small field, and the method which imprints the pattern of the collected small field repeatedly to two or more small imprint fields to which it corresponds on a wafer can be considered. The mask with which the pattern common such was collected is called "the compressed mask."

[0010] When imprinting a pattern with many common circuit patterns like for example, dynamic random access memory (DRAM) especially, a mask can be made small single or more figures by imprinting by the division imprint method using such a compressed mask. In case it imprints, it becomes unnecessary moreover, to move on the stage in which the mask was carried at high speed. However, if the array of the pattern of each smallness field on a mask and sequence of an imprint are not taken into consideration when using the mask compressed such, the case where the movement magnitude (deviation movement magnitude) by the deflecting system at the time of moving to the next small field serves as a big distance will arise, for example from one small field on a mask. Thus, when the deviation movement magnitude between the small fields which imprint continuously becomes large, the settling time of deflecting system is needed for a long time, and there is un-arranging [ that a throughput falls as a result ].

[0011] Next, the pattern of the part of the memory cell of DRAM has repeatability in the quite big range. In such a case, when the compressed mask is used, the pattern of one small field on a mask will be imprinted to many small imprint fields where it differs on a wafer repeatedly. However, one small field on a mask will be irradiated by the long duration charged-particle line in this case, the temperature of this small field rises, and there is un-arranging [ that the location precision of the pattern in that small field will fall by the thermal expansion of a mask substrate ].

[0012] When there are many exposures of the charged-particle line to one small field on a mask or one small imprint field on a wafer, in order to control those temperature rises by the exposure of a charged-particle line about this, how to form the same pattern as the one small field common to two or more adjoining small fields, and carry out the multiple-times exposure of two or more small fields which these-adjoin periodically is also considered. However, when the multiple-times exposure of

two or more small fields is carried out periodically in this way, since the settling time of deflecting system increases in proportion to the number of a small field, there is un-arranging [ of causing the fall of a throughput ]. Since the long settling time is required when an electromagnetic deflection machine is especially used as deflecting system, the settling time as the whole becomes long. In addition, since not an electrostatic deflection machine but an electromagnetic deflection machine is used for aberration reduction in case a large deviation is usually performed, using an electrostatic deflection machine about all the small fields on a mask has a problem on precision.

[0013] Moreover, in order to produce a mask easily, it is necessary to form regularly border area 2b which separates small field 2a on a mask in the shape of a grid. Furthermore, since the exposure area of the charged-particle line to each smallness field on a mask is fixed, when small area size is changed within one mask, there is a possibility of the whole surface of the pattern in each smallness field not being irradiated, or irradiating an adjoining small field at coincidence. However, even if the repeat pitch of the pattern on a wafer tends to collect the original edition of two or more kinds of patterns with which repeat pitches differ to the small field to which the respectively same magnitude differs rather than is [ for example, ] necessarily fixed, it may be difficult.

[0014] Furthermore, in the imprint using charged-particle lines, such as an electron beam and an ion beam, the so-called coulomb effectiveness dotage occurs by repulsion of charged particles, there is a phenomenon in which an imprint image fades, and the current density at the time of this being an imprint is restricted. Therefore, the current density at the time of the imprint to a wafer must be restricted among many small fields on a mask on the basis of a small field with most exposures on a wafer side. Then, the small field which is considerably generous in current increases, if it sees on the whole, irradiation time will become long, and there is un-arranging [ that a throughput is not raised ].

[0015] In case this invention imprints by the division imprint method in view of this point using the compressed mask, it sets it as the 1st purpose to offer the charged-particle line imprint approach which can improve a short \*\*\*\*\* throughput in spacing of the small field which imprints by continuing on a mask. Moreover, in case this invention imprints by the division imprint method using the compressed mask, it prevents that a long duration charged-particle line is irradiated by only the specific small field on a mask, and sets it as the 2nd purpose to offer the charged-particle line imprint approach that the location precision of the pattern imprinted is maintainable with high precision.

[0016] Moreover, it sets it as the 3rd purpose to offer the charged-particle line imprint approach which can deflect the charged-particle line between the distant small fields with high precision while it can deflect the charged-particle line at the time of imprinting periodically the pattern of two or more small fields which adjoin on a mask at a high speed, in case this invention imprints by the division imprint method. Furthermore, in case this invention imprints by the division imprint method using the compressed mask, it sets it as the 4th purpose to offer the charged-particle line imprint approach which can imprint by compressing a pattern using the common small field on a mask also to two or more kinds of periodic patterns with which pitches differ repeatedly on an induction substrate.

[0017] Furthermore, in case this invention imprints by the division imprint method, it sets it as the 5th purpose to offer the charged-particle line imprint approach that dotage by the coulomb effectiveness is avoidable, without losing the small field whose exposure of a charged-particle line increases especially all over the small field of the plurality on a mask, and reducing a throughput not much.

[0018]

[Means for Solving the Problem] As the 1st charged-particle line imprint approach by this invention is shown in drawing 2 The part at least divides and forms the pattern which should be imprinted in the specific range (60Q) of an induction substrate (60) in two or more small fields (SF 1 and 1, SF 1 and 2, --) estranged mutually on a mask (50). The charged-particle line to a mask (50) is irradiated by making these smallness field into an exposure unit. While imprinting a pattern, respectively to two or more small imprint fields (PF1, 2, PF1, 4) which a part of these smallness field [ at least ] (SF 1 and 2) performs a multiple-times exposure then, and change on an induction substrate (50) with these exposures It is related with the charged-particle line imprint approach which adjusts the pattern imprint location to an induction substrate (60), and imprints a predetermined pattern in the specific range (60Q) on an induction substrate (60) so that the small imprint field (PF1, 1, PF1, 2, --) corresponding to these smallness field may touch mutually on an induction substrate (60).

[0019] And this invention is one train or two or more trains (also in one line or a multi-line, it contains) in the range (51P) where it was restricted on the mask as shown in drawing 3 - drawing 5 . the following -- being the same -- to the small field (3 2 1 1 P one -P 18P one - P 2 and 18 ;P 3 and 8. -P 11) arranged in the one direction (the direction of Y) when it thought as a unit, when the sequential exposure of the charged-particle line is carried out How to carry out a sequential imprint to the small imprint field (1 1 Q one -Q 18) of one train or two or more trains in the direction same on the induction substrate as the array direction of these smallness field on the mask, The approach of carrying out a sequential imprint is included in the direction

which intersects perpendicularly in the array direction of these smallness field to the small imprint field (5 18-Q Q2, 18) of one train or two or more trains.

[0020] According to this invention, on an induction substrate For example, when the pattern of circuit block 61A which consists of a circumference circuit 62 without repeatability as shown in drawing 3 (b), and memory cells 63A and 63B with repeatability is imprinted, the small imprint field Q1 for circumference circuits arranged on the induction substrate of drawing 5 to a lengthwise direction (this is made into the direction of Y), and 1 -Q -- the original edition pattern corresponding to 1 and 18 the small field P1 arranged in the direction of Y by making for example, two trains into a unit on the mask of drawing 4 , and 1 -P -- 1, 18, P2, and 1 -P -- it forms in 2 and 18. moreover, the small imprint field Q2 for circumference circuits arranged on an induction substrate to a longitudinal direction (this is made into the direction of X) and 18-Q -- the small field P3 arranged in the direction of Y in which 5 or 18 original edition patterns made for example, one train the unit on the mask, and 18-P -- it arranges to 3 and 11. And sequence of an imprint is performed in order of a locus 55 on a mask, and is performed in order of a locus 64 on an induction substrate. Therefore, it differs from the movement toward the deviation of the charged-particle line on a mask, and the movement toward the deviation of the charged-particle line on an induction substrate. By carrying out like this, deviation migration to the small field which adjoined also on the mask or the induction substrate, or a small imprint field becomes most, and imprint exposure can be carried out also in the imprint exposure method using the mask with which the small field was compressed, without lengthening the settling time of deflecting system so much.

[0021] Moreover, the 2nd charged-particle line imprint approach of this invention As shown in drawing 2 , for example, the pattern which should be imprinted in the specific range (60Q) of an induction substrate (60) At least, while dividing and forming the part in two or more small fields (SF 1 and 1, SF 1 and 2, --) estranged mutually on a mask (50) and repeating the exposure of the charged-particle line to a mask (50) by making these smallness field into an exposure unit The pattern imprint location to the induction substrate is adjusted so that two or more small imprint fields (PF1, 1, PF1, 2, --) on the induction substrate (60) corresponding to the small field of these plurality may touch mutually on an induction substrate (60). It is related with the charged-particle line imprint approach which imprints a predetermined pattern in the specific range on the induction substrate (60Q).

[0022] And when the multiple-times exposure of two or more small fields (3 6 6 10-P 10P P3 and 9 -P 9) arranged in this invention within limits to which it was restricted on the mask as shown, for example in drawing 4 and drawing 5 is periodically carried out one by one by the charged-particle line, On the induction substrate, a pattern is imprinted one by one to more small imprint fields (5 Q 2, 17, --, Q5, 17-Q 2, 2, --, Q 2) of two or more than the number of the small field within the limits of [ limited ] it.

[0023] According to this invention, when imprinting one small field on a mask to two or more small imprint fields on an induction substrate, the small field on a mask will usually be irradiated by the long duration charged-particle line. In order to avoid it, as shown in drawing 4 , on the mask, not one but the small field (4 6 5 3 P 10P 10P 9P 9) of two or more same patterns is fixed, and this is repeated periodically and used. Although the temperature of each smallness field rises temporarily by exposure by carrying out like this, by the time it irradiates a degree, heat will be spread, and it hardly changes to the rise temperature of the small field when irradiating once. Therefore, the fall of the pattern location precision by the thermal expansion in the small field on a mask does not arise.

[0024] Next, the 3rd charged-particle line imprint approach by this invention As it is the basis of the same premise as the 2nd charged-particle line imprint approach, for example, is shown in drawing 8 It responds to carrying out the multiple-times exposure of two or more small fields (SF 1 and 1 - SF 3 and 3) arranged within limits to which it was restricted on the mask periodically one by one by the charged-particle line. The charged-particle line at the time of imprinting a multiple-times pattern repeatedly periodically also on the induction substrate is deflected with an electrostatic deflection vessel, and it is made to deflect the charged-particle line to the outside of the limited range with an electromagnetic deflection vessel.

[0025] Usually, although not an electrostatic deflection machine but an electromagnetic deflection machine is used from a viewpoint of aberration reduction in order to perform a large deviation, a problem does not have an electrostatic formula in a small deviation, either. On the other hand, although the settling time is comparatively long required for an electromagnetic deflection, in an electrostatic deflection, the settling time may be short and is the 1/10 to 1/100th [ in the case of an electromagnetic deflection ] place. Then, although two or more small fields are repeated periodically and irradiated in this invention for temperature rise evasion of a mask or an induction substrate, an electrostatic deflection machine is used at this time. Moreover, the deviation to the range the outside of it uses an electromagnetic deflection machine. Thus, it is compatible in precision and a throughput by irradiating two or more small fields of a certain limited within the limits repeatedly using an electrostatic deflection machine.

[0026] Next, the 4th charged-particle line imprint approach by this invention As it is the basis of the same premise as the 2nd



charged-particle line imprint approach, for example, is shown in drawing 2 The border area (BF) surrounding two or more small fields on the mask (SF 1 and 1, SF 1 and 2, --) is regularly arranged in the shape of a grid. Two or more small imprint fields (SF 1 and 1, SF 1 and 2, --) which set up the pattern space in these smallness field independently for every smallness field of these, and are equivalent to the small field of these plurality are set as the location of arbitration.

[0027] In case the imprint to two or more small imprint fields on an induction substrate is performed to a pattern with especially repeatability using one small field on a mask according to this invention, as for the repeat pitch of a pattern, repeat patterns may differ by each, not one kind but when two or more kinds exist. For example, supposing width of face Y3 is larger than width of face X2, Y2, and X3 when the repeat pattern based on the pattern 65 of width-of-face X2xY2 and the repeat pattern based on the pattern 66 of width-of-face X3xY3 exist as shown in drawing 9, two or more small fields will be set as the magnitude of width-of-face Y3xY3. And pattern arrangement in each smallness field is the same as each smallness field like a pattern 65 or 66, or is made smaller than it. Of course, this pattern is made into the configuration with periodicity. And in case an exposure imprint is carried out to an induction substrate, this is positioned through deflecting system as the design pattern on an induction substrate. This approach enables it to carry out imprint exposure of the repeat pattern efficiently. It is also the same as when it is not a repeat pattern.

[0028] Next, the 5th charged-particle line imprint approach by this invention As it is the basis of the same premise as the 2nd charged-particle line imprint approach, for example, is shown in drawing 10 It includes, also when one pattern (67) is distributed to two small fields (56A, 56B) as a complementary pattern on the mask. When the exposure of the charged-particle line to the induction substrate top in the predetermined small field on the mask exceeds the specified quantity, The exposure divides and has the pattern (67) which should be imprinted by the small imprint field in the specified quantity so that there may be no \*\* in an above-mentioned number beyond a case of small fields (56C-56E). In the case of an imprint, as the these-divided small field laps on the induction substrate, it forms the original pattern.

[0029] For example, as a mask, when using a hole vacancy stencil mask, it is necessary to divide a pattern into two complementation small fields. On the other hand, in the case of a dispersion mask, it is not necessary to divide. Although the pattern consistency of a certain small field was large and the coulomb effectiveness dotage was a problem, when it was said that it is satisfactory about many of other small fields, in the former, in the case of a certain small field after dividing in the case of a hole vacancy stencil mask, or the dispersion mask, the current density of imprint equipment was lowered, and it was carrying out imprint exposure of the whole. However, when it carries out like this, throughput top effectiveness is bad. Then, in the case of a hole vacancy stencil mask, it divides into three or more small fields instead of two, and, in the case of a dispersion mask, only the above small fields are divided into two or more small fields. These are imprinted in piles at the time of an imprint. It can imprint by the efficient high throughput, without lowering current density by carrying out like this.

[0030]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, with reference to drawing 1 - drawing 12, it explains per example of the gestalt of operation of the charged-particle line imprint approach by this invention. This example applies this invention, when imprinting with the electron ray contraction imprint equipment of a division imprint method. First, drawing 1 shows the outline configuration of the electron ray contraction imprint equipment used by this example, takes the Z-axis in parallel with the optical axis of optical system (electron optics system) in this drawing 1, in a flat surface perpendicular to the Z-axis, at right angles to the space of drawing 1, takes a Y-axis and explains the X-axis in parallel with the space of drawing 1. The electron ray EB emitted from the electron gun 10 is made into a collimated beam with a condensing lens 11, is deflected by the visual field selection deflecting system 12A and 12B in XY flat surface (flat surface parallel to the X-axis and a Y-axis), and is led to one small field of a mask 50. Solenoid-operated-system and visual field selection deflecting system 12B is an electrostatic method, visual field selection deflecting system 12A usually uses visual field selection deflecting system 12A of a solenoid operated system, and in case it moves an electron ray to a high speed repeatedly in the narrow range, it uses visual field selection deflecting system 12B of an electrostatic method. About a mask 50, it mentions later.

[0031] The electron ray EB which passed the mask 50 converges on the wafer 60 with which the electron beam resist was applied through an objective lens 15 and deflecting system 14A and 14B once connecting Crossover CO with the projection lens 14 after the specified quantity deviation was carried out by deflecting system 13A and 13B, and the image of the predetermined reduction percentage (for example, 1/4) of one small field of a mask 50 is imprinted by the predetermined location on a wafer 60. It is a solenoid operated system and deflecting system 13B and 14B is an electrostatic method, deflecting system 13A and 14A usually uses the deflecting system 13A and 14A of a solenoid operated system, and in case it moves an electron ray to a high speed repeatedly in the narrow range, it uses the deflecting system 13B and 14B of an electrostatic method. A mask 50 is attached in a mask stage 16 at XY flat surface and parallel. A mask stage 16 carries out continuation migration with a driving gear 17 at X shaft orientations, and carries out step migration at Y shaft orientations.

The location in XY flat surface of a mask stage 16 is detected by the laser interferometer 18, and is outputted to a control unit 19.

[0032] The wafer 60 is held on the movable stage 21 on the sample base 20 at XY flat surface and parallel. the movable stage 21 -- a driving gear 22 -- continuation migration of X shaft orientations of a mask stage 16 -- hard flow -- continuation -- it is supposed that it is movable. It considered as hard flow for a pattern image being reversed with lenses 14 and 15. The location in XY flat surface of the movable stage 21 is detected by the laser interferometer 23, and is outputted to a control unit 19.

[0033] A control device 19 calculates information (for example, a location and passing speed) required in order to control actuation of a mask stage 16 and the movable stage 21 while calculating the amount of deviations of the electron ray EB by the visual field selection deflecting system 12A and 12B and deflecting system 13A, 13B, 14A, and 14B based on the exposure data inputted from an input device 24, and the positional information of the mask stage 16 which laser interferometers 18 and 23 detect, and the movable stage 21. The result of an operation of the amount of deviations is outputted to the amount setters 25 and 26 of deviations, and the amount of deviations of the visual field selection deflecting system 12A and 12B and deflecting system 13A, 13B, 14A, and 14B is set up by the amount setters 25 and 26 of these deviations, respectively. The result of an operation about actuation of stages 16 and 21 is outputted to drivers 27 and 28, respectively. Drivers 27 and 28 control actuation of driving gears 17 and 22 so that stages 16 and 21 operate according to the result of an operation. In addition, what reads the magnetic information created by the listing device of exposure data as an input device 24, the thing which reads the exposure data registered into the mask 50 or the wafer 60 in the case of these carrying in may be chosen suitably.

[0034] Drawing 2 (a) shows pattern space 50P in which the small field of the mask 50 of this example exists. In this example, pattern space 50P [ bigger ] than the mask side optical field Cm of electron-beam-irradiation optical system to X shaft orientations. The direction of X, In the predetermined pitch, it is divided into SF 2 and 1 and --, and these small fields SF<sub>i</sub> and j (i= 1, 2, --; j= 1, 2, --) are mutually classified in the direction of Y in the square small fields [ 1 and SF / SF and / 2 ] 1 and 1, --, the border area BF that intercepts or diffuses an electron ray. small fields SF<sub>i</sub> and j \*\*\*\* -- the transparency section of the electron ray corresponding to the pattern configuration which should be imprinted to a wafer is prepared. In addition, the so-called dispersion mask which formed the transparency section BT of an electron ray with thin films, such as silicon nitride (SiN), as a mask 50 for an electron ray imprint as shown, for example in drawing 12 (a), and formed the dispersion section BS made from a tungsten in the front face suitably, Although the so-called hole opening stencil mask which kept preparing in the dispersion section BS made from silicon (Si), and makes a hole the transparency section BT of an electron ray exists as shown in drawing 12 (b), in this example, any are sufficient.

[0035] Drawing 2 (b) shows imprint field 60Q for 1 minute for an integer on the wafer 60 of this example (for example, one die), and sets it to this drawing 2 (b). Imprint field 60Q It is divided in the direction of X, and the direction of Y at square small imprint field PF<sub>1</sub>, 1, PF<sub>1</sub>, 2, --, PF 2 and 1, and --. The magnitude of these small imprint fields PF<sub>i</sub> and j (i= 1, 2, --; j= 1, 2, --) if reduction percentage from a mask 50 to a wafer 60 is set to beta (for example, 1/4) -- small fields SF<sub>i</sub> and j of a mask 50 Small imprint fields PF<sub>i</sub> and j which the clearance which is set up beta twice and is equivalent to the border area BF of a mask 50 does not have, and adjoin It is stuck and joined together.

[0036] Moreover, imprint field 60Q is greatly set as X shaft orientations rather than the induction substrate side optical field Cw. It is in pattern space 50P of the mask 50 of drawing 2 (a), and they are the small fields SF<sub>i</sub> and j in the mask side optical field Cm. By shaking a pattern image with deflecting system It is in imprint field 60Q on the wafer 60 of drawing 2, and they are the small imprint fields PF<sub>i</sub> and j in the induction substrate side optical field Cw. A pattern can be imprinted now. And they are the small fields SF<sub>i</sub> and j about the pattern which should be imprinted to imprint field 60Q of a wafer 60 in this example. In case it divides and prepares, that to which the pattern configuration after division becomes equal is suitably collected to a common small field. For example, small imprint field PF<sub>1</sub> in imprint field 60Q on a wafer 60, 2, PF<sub>1</sub>, 4, PF<sub>3</sub>, 2, PF<sub>3</sub>, and 4 Supposing the pattern imprinted is the same, the original edition pattern of those patterns is the mask [ 1 and 2 ] 50 SF, for example, one small field. It puts together. Consequently, it is compressed and the masks 50 of this example are the small fields SF<sub>i</sub> and j in pattern space 50P. The number is the small imprint fields PF<sub>i</sub> and j in imprint field 60Q. It has become less than the number.

[0037] It sets in the above configuration and they are the small fields SF<sub>i</sub> and j. Small imprint fields PF<sub>i</sub> and j on a wafer 60 It inputs into a control unit 19 from the input unit 24 of drawing 1 beforehand by using correspondence relation as exposure data. And exposure data are followed at the time of an imprint, and they are each smallness fields SF<sub>i</sub> and j. The amount of deviations of deflecting system 12A, 12B, 13A, 13B, 14A, and 14B and the location of stages 16 and 21 are controlled so that a pattern image is imprinted by the specified location of a wafer 60. Moreover, when the image formation of the mask image



cannot be carried out any more, X shaft orientations are made to carry out continuation migration of a mask stage 16 and the movable stage 21 to hard flow mutually with an imprint between a mask and a wafer. All small fields SFi and j that the field where pattern space 50P and imprint field 60Q shown in drawing 2 enters the mask side optical field Cm and the induction substrate side optical field Cw by this, respectively changes serially, and have it in pattern space 50P. A pattern image can be imprinted to imprint field 60Q on a wafer 60. In addition, deflecting system 12A, 12B, 13A, 13B, 14A, and 14B performs adjustment of the exposure location of the electron ray EB to Y shaft orientations at the time of continuation migration, and a pattern imprint location. After the imprint of imprint field 60Q was completed, the imprint to the imprint field for one die is performed by only the amount of predetermined steps moving the movable stage 21 to Y shaft orientations, performing the imprint to the next imprint field, and repeating this.

[0038] Here, although a dispersion mask or a hole opening stencil mask is used in this example, if a non-exposing isolation pattern (island shape) exists when using these masks, since it is necessary to divide the pattern of the small field on a mask, with reference to drawing 7, it explains per example of the division approach. Drawing 7 (a) shows a part of example of the pattern imprinted by the wafer 60 of this example, and the exposure section according [ the slash fields 80 and 81 ] to an electron ray and 82 are the island-shape non-exposed areas surrounded in the exposure section 81. Also in the case of the hole opening stencil mask [ the dispersion mask shown in above-mentioned drawing 12 (a), or ] shown in drawing 12 (b), in order to imprint the island-shape non-exposed area 82 to a wafer, it is necessary to form the dispersion section BS of the magnitude corresponding to it. However, in the case of a dispersion mask, the perimeter of the dispersion section 82 corresponding to the island-shape non-exposed area 82 serves as only a thin film without independence nature, in the case of a hole opening stencil mask, the perimeter of the dispersion section BS corresponding to the island-shape non-exposed area 82 extracts, and it is surrounded in a hole. The dispersion section BS which can respond to the non-exposed area 82 of the island shape [ case / of the latter ] in independent is unrealizable. In order to cope with such a problem, the pattern surrounding the island-shape non-exposed area 82 is divided into two complementary patterns, and the approach of imprinting in 2 steps is proposed. This example explains per [ which forms the island-shape non-exposed area 82 by four duplication exposure ] approach.

[0039] Drawing 7 (b) - (e) shows the small field by the side of the mask for imprinting the pattern of drawing 7 (a). Drawing 7 (b) shows the small field 94 where drawing 7 (e) uses the small field 93 where drawing 7 (d) uses the small field 92 where drawing 7 (c) uses the small field 91 used at the time of the 1st imprint at the time of the 2nd imprint at the time of the 3rd imprint at the time of the 4th imprint. The transparency section BT0 of the electron ray corresponding to the whole exposure section 80 of a wafer and the transparency sections BT1 and BT2 of the electron ray corresponding to the configuration where the exposure section 81 was divided by the boundary line LV 3 are formed in the small fields 91 and 92. On the other hand, the transparency sections BT3 and BT4 of the electron ray corresponding to the configuration where the exposure section 81 was divided by the boundary line LH 3 are formed in the small fields 93 and 94. In addition, the small fields 91-94 are the same magnitude altogether.

[0040] In the mask equipped with the above small fields 91-94, the dose of the electron ray of each time is set as the abbreviation 1/2 at the time of one imprint, to the same location on a wafer, the pattern image of the small fields 92 and 94 is shifted to the longitudinal direction of drawing 12 only one half of the width of face of the small fields 91 and 93 to the pattern image of the small fields 91 and 93, and the pattern image of the small fields 91 and 93 is imprinted. The exposure section 81 is imprinted by the imprint of the pattern image of the small fields 91 and 92 on a wafer considering a boundary line LV 3 as a bond location, and the exposure section 81 is imprinted by the imprint of the pattern image of the small fields 93 and 94 on a wafer considering a boundary line LH 3 as a bond location. Since the bond location of the exposure section 81 by the 1st time and the 2nd imprint differs from the bond location of the exposure section 81 by the 3rd time and the 4th duplication imprint, compared with the case where divide the exposure section 81 two simply and it is imprinted, distribution of the electron ray dose in the bond location of the exposure section 81 is graduated, and the error in a bond location is controlled.

[0041] Next, it explains per concrete various actuation in the case of mainly imprinting the pattern of DRAM through an electron ray on a wafer by this example. First, the pattern of DRAM shall be imprinted to imprint field 61Q for one die of the width of face Y1 of the direction of Y by the width of face X1 of the direction of X as shown in drawing 3 (a) on a wafer, using a hole vacancy stencil mask as a mask 50. As an example, width of face X1 is 36mm, and width of face Y1 is 18mm. It is divided into the pattern of the 4th imprint field 61A-61D. moreover, the pattern of imprint field 61Q is shown in drawing 3 (b) -- as -- the 1- of the shape of a stripe of structure symmetrical with the direction of Y -- The pattern in these four imprint field 61A - 61D shall consist of a circumference circuit 62 without the repeatability which gave the surrounding slash, and memory cells 63A and 63B with the repeatability of a center section, as 1st imprint field 61A shows. Then, when imprinting a pattern by the division imprint method to band-like imprint field 61A long and slender in the 1st direction of X, it explains per.

[0042] As shown in drawing 3 (c), pattern space 51P of the mask of this example in the direction of Y in this case, by 18 lines it divides in the direction of X to the small field of 42 trains, and the original edition pattern of the circumference circuit 62 without the repeatability of drawing 3 (b) is assigned to the small field in four rectangular partial pattern space 53A - 53D of the partial pattern spaces 52A-52C extended in the direction of Y in two trains, respectively, and eight line x18 train.

Furthermore, the original edition pattern of the memory cells 63A and 63B with the repeatability of drawing 3 (b) is assigned to the partial pattern spaces 54A and 54B of the center extended in the direction of X of two line x18 train, respectively.

[0043] Drawing 4 shows the array of the small field in pattern space 51P of the mask of drawing 3 (c), and expresses the small field of eye j train with the i-th line in the direction of Y in the small fields  $P_i$  and j ( $i=1-18; j=1-42$ ) in the direction of X in this drawing 4. And in this example, since the hole opening stencil mask is used, the complementary pattern is formed in two adjoining small fields. for example, the small field  $P_1$  of eye one train and 1 -P -- 1 and 18 -- receiving -- respectively -- the small field  $P_2$  and 1 -P -- a complementary pattern forms in 2 and 18 -- having -- the small field P in every other one of eye three trains -- 3 and 18P -- 3, 16, and -- receiving -- respectively -- the small field P in every other one -- 3 and 17P -- the complementary pattern is formed in 3, 15, and --. partial pattern space 54A of two line x18 train of the center corresponding to [ similarly ] central memory cell 63A -- setting -- the small field P in every other one -- 3 and 10P -- 5 and 10P -- 6 and 9P -- 4 and 9 receiving -- respectively -- the small field P in every other one -- 4 and 10P -- 6 and 10P -- 5 and 9P -- 3 and 9 The complementary pattern is formed. moreover -- a memory cell -- the small field P -- 3 and 10P -- 5 and 10P -- 6 and 9P -- 4 and 9 The pattern is the same.

[0044] Drawing 5 shows the array of the small imprint field in 1st [ on the wafer of drawing 3 (b) ] imprint field 61A, and expresses the small imprint field of eye j train with the i-th line in the direction of Y in the small imprint fields  $Q_i$  and j ( $i=1-18; j=1-$ ) in the direction of X in this drawing 5. in this case, small imprint fields  $Q_i$  and j of - of 2nd line the 17th line of the memory cells 63A and 63B of a center section \*\*\*\* -- the same pattern of each other is imprinted.

[0045] Under such an array of a small field and a small imprint field, the visual field selection deflecting system 12A and 12B of drawing 1, And the sequence which imprints by driving deflecting system 13A, 13B, 14A, and 14B, and deflecting an electron ray the locus 55 of drawing 4 shows first pattern space 51P of a mask -- as -- the upper left small field P -- 1 and 1 An imprint is started from a pattern. the following and small field P -- 2 and 1P -- 1 and 2P -- 2, 2, --, P -- 2 and 18P -- it moves in the direction of -Y and the pattern of the small field of 1, 18, and 2 trains is imprinted in order. under the present circumstances -- alike -- for example, the small field P -- 1 and 1 and P -- 2 and 1 the small imprint field Q same [ a complementary pattern / like / on a wafer ] -- 1 and 1 It imprints. and the locus 64 of drawing 5 shows at imprint field 61A by the side of a wafer -- as -- the upper left small imprint field Q -- 1 and 1 from -- an imprint -- starting -- the small imprint field Q of eye the following and 1 train -- 1 and 2Q -- 1, 3, --, Q -- it imprints in order in the direction of -Y to 1 and 18.

[0046] then, it is shown in drawing 4 by the mask side -- as -- the small field P of eye three trains -- 3 and 18P -- 3, 17, --, P -- corresponding to moving in the direction of +Y in order, and imprinting 3 or 11 patterns, it is shown in drawing 5 by the wafer side -- as -- the small imprint field Q of the 18th line -- 2, 18, --, Q -- it imprints in order in the direction of +X to 5 and 18. and the part of a memory cell shows to drawing 4 by the mask side -- as -- eight small fields P of a center section -- 3 and 10P -- 4 and 10P -- 5 and 10P -- 6 and 10P -- 6 and 9P -- 5 and 9P -- 4 and 9P -- 3 and 9 It responds to receiving and imprinting in the direction of +X, or the direction of -X in order repeatedly. in a wafer side, it is shown in drawing 5 -- as -- the small imprint field Q of the 17th line -- 5, 17, --, Q2 and the small imprint field Q of the 17-2nd line -- 2, 2, --, Q -- 5 and 2 It imprints in order in the direction of -X, or the direction of +X. after that, in a mask side, it is shown in drawing 4 -- as -- the small field P of eye three trains -- 3, 8, and -P -- 3 and 1 Corresponding to imprinting a pattern in the direction of +Y in order, the imprint to the small imprint field where a wafer side also corresponds is performed. Hereafter, the pattern image of all the small fields of pattern space 51P of a mask is similarly imprinted by the small imprint field to which pattern space 61A of a wafer corresponds.

[0047] Consequently, as shown in drawing 6, the complementary pattern of one pair of small fields of the mask of drawing 4 is imprinted by each smallness imprint field of imprint field 61A on a wafer, respectively. At drawing 6, they are the small fields  $P_i$  and j of drawing 4. They are  $P_i$  and j for convenience also about the contraction image of a pattern. It expresses. for example, in the small imprint field of eye one train of imprint field 61A one by one -- the small field P -- 1 and 1 and P -- 2 and 1 a complementary pattern and the small field P -- 1 and 2 and P -- 2 and 2 A complementary pattern and -- are imprinted. In the small imprint field in memory cell 61A the small field P -- 3, 10, and P -- 4 or 10 complementary patterns and the small field P -- 5, 10, and P -- 6 or 10 complementary patterns and -- are imprinted.

[0048] In this case, the small fields  $P_i$  and j which imprint continuously as the locus 55 of drawing 4 and the locus 64 of drawing 5 show in this example or the small imprint fields  $Q_i$  and j Spacing is usually the small fields  $P_i$  and j or the small imprint fields  $Q_i$  and j for one piece, respectively. It has ended with a part for width of face. Therefore, the amount of

deviations by the visual field selection deflecting system 12B and 12A of drawing 1 and deflecting system 13A, 13B, 14A, and 14B cannot usually fly greatly, can be exposed efficiently, and does not cause the fall of a throughput.

[0049] Moreover, according to the simulation of a computer performed by being related with this example, they are the small fields  $P_i$  and  $j$  on the mask of drawing 4. If the exposure current of 100microA is irradiated between 30microsec(s) at the dispersion film, they are the small fields  $P_i$  and  $j$  immediately after an exposure. Although temperature rises if a sequential exposure is carried out to the small field arranged continuously, it turns out that the temperature of the small field which irradiated before partly falls even to temperature almost equivalent to exposure before. Therefore, as shown in drawing 4 eight (in consideration of a complementary pattern, there are two kinds in fact) small fields  $P$  in which the pattern of the same configuration was formed within pattern space 51P of a mask -- 3 and 10P -- 4 and 10P -- 5 and 10P -- 6 and 10P -- 6 and 9P -- 5 and 9P -- 4 and 9P -- 3 and 9 By irradiating periodically The precision fall by the thermal expansion of the small field on a mask can be prevented.

[0050] Next, in this example, although the electron ray between 80microsec(s) must be essentially irradiated to each smallness field on a mask When saying that it is better to make irradiation time from a viewpoint of a temperature rise to each smallness field below into 30microsec, as shown in drawing 8, the same pattern as the pattern of the one original small field for example, a mask top -- nine small fields [ 1 and SF / SF and / 2 ] 1 and 1 of three line x3 train, --, SF 3 and 2 and SF 3 and 3 It forms. And by driving visual field selection deflecting system 12B of the electrostatic type of drawing 1, and the deflecting system 13B and 14B of an electrostatic type, and shaking an electron ray, as shown in drawing 8, they are these nine small fields 1 and SF 1 - SF 3 and 3. It irradiates repeatedly 3 times periodically. In this case, on a wafer, while repeating an imprint to the one same small imprint field, the 1st time and the 2nd time irradiate between 30microsec(s), respectively, and the 3rd time irradiates between 20microsec(s).

[0051] And the deviation to the small field of range other than this three line x3 train is performed by the electromagnetic deflection. Less than [ number 10V ] is sufficient and the settling time can be deflected in several 100 or less ns to deflect such range with an electrostatic deflection vessel. In addition, in the case of an electromagnetic deflection, it is usually as required as 10-100microsec. It can imprint without controlling the temperature rise of each smallness field of a mask, and reducing a throughput by this. Moreover, in this example, since the compressed mask is used, even if it makes the number of a small field increase such, the number of the small field as the whole is sharply made few from the number of the small imprint field for example, on a wafer.

[0052] Next, as the gestalt of above-mentioned operation shows to drawing 2 (a), the border area BF is dividing pattern space 50P on a mask into the small fields [ 1 and SF / SF and / 2 ] 1 and 1 of the same magnitude, and -- in the fixed pitch. However, in the imprint field for one die on a wafer, two or more kinds of regular patterns with which array pitches differ may be intermingled.

[0053] for example, as shown in drawing 9, as that to which the pattern which repeated two kinds of patterns 65 and 66 exists on one die on a wafer The width of face X2 and Y2 of the pattern 65 of the width of face X2 of the direction of X shown in drawing 9 (a), and the width of face Y2 of the direction of Y It is 200 micrometers and 230 micrometers as an example, respectively, and the width of face X3 and Y3 of the pattern 66 of the width of face X3 of the direction of X shown in drawing 9 (b) and the width of face Y3 of the direction of Y presupposes that they are 180 micrometers and 240 micrometers as an example, respectively. In this case, since the largest width of face is Y3, reduction percentage from a mask to a wafer is set to beta. Two or more small fields [ 1 and SF / SF and / 2 ] 1 and 1 on the mask of drawing 2 (a) and -- are formed in width-of-face Y3 / beta angle (240 / betamum angle in this case). Let the pattern in these fields [ 1 and SF / SF and / 2 ] 1 and 1 and -- be the original edition of the pattern 65 of drawing 9 (a), or the original edition of the pattern 66 of drawing 9 (b). And when imprinting the pattern of these smallness field to up to a wafer, of course according to the pitch of each pattern, it positions and imprints.

[0054] A mask can be formed by carrying out like this, without changing the magnitude of the grid of the border area of a mask by each pattern. Therefore, it is satisfactory even when the magnitude of the exposure beam to each smallness field on a mask is fixed. In addition, not only a repeat pattern but in the case of a circumference circuit pattern without repeatability, this is applicable. Since there is no repeatability in the case of the latter, it is good to divide so that the part which division of a pattern tends to carry out may serve as a boundary of a small field.

[0055] Furthermore, as mentioned above, when a hole vacancy stencil mask is used as a mask, one original edition pattern for small imprint fields on a wafer is divided into two complementary small fields on a mask. Drawing 10 shows an example of the division and the original edition pattern of one small imprint field 67 on the wafer of drawing 10 (a) is divided into the complementary pattern of one small field 56A of drawing 10 (b), and the complementary pattern of small field 56B of another side of drawing 10 (c). The amount of currents by which a place is irradiated on a wafer by the complementary pattern of

small field 56A of drawing 10 (b) presupposes that and dotage by the coulomb effectiveness is a problem. As a cure in such a case, by this example, the original edition pattern of the small imprint field 67 of drawing 10 (a) is trichotomized, and as shown in drawing 10 (d), it distributes to three small fields 56C-56E as a kind of complementary pattern. And the pattern of these three small fields 56C-56E is imprinted to the one same small imprint field on a wafer. If it carries out like this, the exposure current to the wafer top of each small field 56C-56E decreases, and can avoid the coulomb effectiveness dotage. Moreover, although anxiety that the number of the small fields on a mask may increase, and a mask may not become large too much by having trichotomized is also considered, a mask does not become so large when a small field compression method is used.

[0056] In addition, dotage of the pattern image by the coulomb effectiveness is produced also when imprinting a single pattern, as shown in drawing 11 . In order to avoid dotage of such a pattern image, as shown in drawing 11 , the pattern PT 3 imprinted to a single small imprint field is divided into a longitudinal direction at two pattern PT3a and PT3b, and there is a method of preparing each pattern PT3a and PT3b in the small field to which masks differ. Also in this case, in this example, the coulomb effectiveness dotage can be made small enough by dividing a pattern PT 3 into three or more pieces in a longitudinal direction.

[0057] In addition, of course, configurations various in the range which this invention is not limited to the gestalt of above-mentioned operation, and does not deviate from the summary of this invention can be taken.

[0058]

[Effect of the Invention] In case it imprints by the division imprint method using the compressed mask according to the 1st charged-particle line imprint approach of this invention, there is an advantage which can improve a throughput maintaining short hiding \*\*\*\*\* location precision for spacing of the small field which imprints by continuing on a mask. Moreover, in case it imprints by the division imprint method using the compressed mask according to the 2nd charged-particle line imprint approach of this invention, it prevents that a long duration charged-particle line is irradiated by only the specific small field on a mask, and there is an advantage which can maintain the location precision of the pattern imprinted with high precision.

[0059] Moreover, in case it imprints by the division imprint method, while being able to deflect the charged-particle line at the time of imprinting periodically the pattern of two or more small fields which adjoin on a mask at a high speed according to the 3rd charged-particle line imprint approach of this invention, there is an advantage which can deflect the charged-particle line between the distant small fields with high precision. Moreover, since a pattern can be compressed using the small field of the common magnitude on a mask also to two or more kinds of periodic patterns with which pitches differ repeatedly on an induction substrate in case it imprints by the division imprint method using the compressed mask according to the 4th charged-particle line imprint approach of this invention, there is an advantage more than which the number of the small field on a mask does not increase recklessly.

[0060] Moreover, since according to the 5th charged-particle line imprint approach of this invention a small field especially with many exposures of a charged-particle line is lost all over the small field of the plurality on a mask in case it imprints by the division imprint method, there is an advantage which can avoid dotage of the image by the coulomb effectiveness, without reducing a throughput not much.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the outline block diagram showing the electron ray contraction imprint equipment used with an example of the gestalt of operation of this invention.

[Drawing 2] The top view in which (a) shows an example of the array of the small field on a mask, and (b) are the top views showing an example of the array of the small imprint field on a wafer.

[Drawing 3] The top view in which (a) shows an example of imprint field 61Q for one die on a wafer, the top view showing four imprint fields 61A-61D where (b) quadrisectioned the imprint field 61Q, and (c) are the top views showing an example of the array of the small field in pattern space 51P on the mask corresponding to imprint field 61A.

[Drawing 4] It is the expansion top view which omitted the part which shows the array of the small field on the mask of drawing 3 (c), and the sequence of an imprint.

[Drawing 5] It is the expansion top view which omitted the part which shows the array of the small imprint field in imprint field 61A on the wafer of drawing 3 (b), and the sequence of an imprint.

[Drawing 6] It is the expansion top view which omitted the part which shows the pattern of the small field imprinted by each smallness imprint field on the wafer of drawing 5 .

[Drawing 7] It is an explanatory view in the case of decomposing into a complementary pattern and imprinting an isolation-pattern.

[Drawing 8] It is an explanatory view in the case of irradiating an electron ray repeatedly periodically to the small field of three line x3 train.

[Drawing 9] It is drawing showing the example of two kinds of patterns with which repeat pitches differ.

[Drawing 10] It is an explanatory view in the case of dividing and imprinting one pattern to the pattern of three small fields.

[Drawing 11] It is the explanatory view of the example which divides and prepares the pattern which should be imprinted to the single small imprint field on a wafer in two or more small fields of a mask.

[Drawing 12] The sectional view in which (a) shows a diffusion mask, and (b) are the sectional views showing a hole opening stencil mask.

[Drawing 13] It is the perspective view showing the electron ray contraction imprint equipment of the conventional division imprint method. .

[Drawing 14] It is drawing showing correspondence with the small field of the conventional mask, and the small imprint field on a wafer.

[Description of Notations]

12A Visual field selection deflecting system of a solenoid operated system

12B Visual field selection deflecting system of an electrostatic method

13A Deflecting system of a solenoid operated system

13B Deflecting system of an electrostatic method

50 Mask

50P, 51P Pattern space

60 Wafer

61A-61D Imprint field

SF 1 and 1, SF 1 and 2, -- Small field of a mask

PF1, 1, PF1, 2, -- Small imprint field on a wafer

BF Border area

P -- 1, 1, SF 1 and 2, -- Small field of a mask

Q -- 1, 1, PF1, 2, -- Small imprint field on a wafer

Cm Mask side optical field

Cw Induction substrate side optical field

---

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-129541

(43) 公開日 平成9年(1997)5月16日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 1 L 21/027

識別記号

庁内整理番号

F I

H 0 1 L 21/30

技術表示箇所

5 4 1 S

5 4 1 D

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号

特願平7-284838

(22) 出願日

平成7年(1995)11月1日

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 沖野 輝昭

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

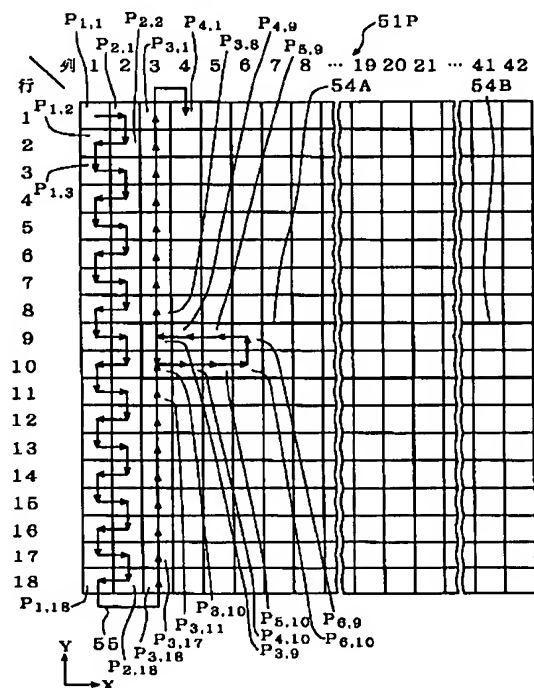
(74) 代理人 弁理士 大森 聡

(54) 【発明の名称】 荷電粒子線転写方法

(57) 【要約】

【課題】 圧縮されたマスクを使用して分割転写方式で転写を行う際に、マスク上で連続して転写を行う小領域の間隔を短かくしてスループットを向上する。

【解決手段】 マスク上のパターン領域51Pを多数の小領域P<sub>1,1</sub>, P<sub>1,2</sub>, ...に分割し、最初の2列の小領域P<sub>1,1</sub>, P<sub>1,2</sub>, ..., P<sub>1,18</sub>については-Y方向に移動して順番に転写を行い、対応してウエハ上ではY方向に配列された1列の小転写領域に転写を行う。次の、3列目の小領域P<sub>3,18</sub>, P<sub>3,17</sub>, ..., P<sub>3,10</sub>については+Y方向に移動して順番に転写を行い、対応してウエハ上ではX方向に配列された1行の小転写領域に転写を行う。中央の8個の小領域P<sub>3,10</sub>~P<sub>3,9</sub>については順番に繰り返して転写を行い、対応してウエハ上では連続する異なる小転写領域に順番に転写を行う。





**【特許請求の範囲】**

【請求項1】 感応基板の特定範囲に転写すべきパターンを、少なくともその一部はマスク上で互いに離間する複数の小領域に分割して形成し、前記小領域を照射単位として前記マスクへの荷電粒子線の照射を行い、そのとき前記小領域の少なくとも一部は複数回照射を行い、該照射により前記感応基板上では異なる複数の小転写領域にそれぞれパターンを転写すると共に、前記小領域に対応する前記小転写領域が前記感応基板上で互いに接するように前記感応基板へのパターン転写位置を調整して前記感応基板上の特定範囲に所定のパターンを転写する荷電粒子線転写方法において、

前記マスク上の限られた範囲内で1列又は複数列を単位として考えたとき1方向に配列された小領域に荷電粒子線を順次照射したとき、前記感応基板上では前記マスク上での前記小領域の配列方向と同じ方向へ1列又は複数列の前記小転写領域に順次転写する方法と、前記小領域の配列方向に直交する方向へ1列又は複数列の前記小転写領域に順次転写する方法と、を含むことを特徴とする荷電粒子線転写方法。

【請求項2】 感応基板の特定範囲に転写すべきパターンを、少なくともその一部はマスク上で互いに離間する複数の小領域に分割して形成し、前記小領域を照射単位として前記マスクへの荷電粒子線の照射を繰り返すと共に、前記複数の小領域に対応する前記感応基板上の複数の小転写領域が前記感応基板上で互いに接するように前記感応基板へのパターン転写位置を調整して、前記感応基板上の特定範囲に所定のパターンを転写する荷電粒子線転写方法において、

前記マスク上の限られた範囲内に配列された複数の前記小領域を荷電粒子線で順次周期的に複数回照射したとき、前記感応基板上では前記限られた範囲内の前記小領域の個数よりも多い複数の小転写領域に順次パターンを転写するようにしたことを特徴とする荷電粒子線転写方法。

【請求項3】 感応基板の特定範囲に転写すべきパターンを、少なくともその一部はマスク上で互いに離間する複数の小領域に分割して形成し、前記小領域を照射単位として前記マスクへの荷電粒子線の照射を繰り返すと共に、前記複数の小領域に対応する前記感応基板上の複数の小転写領域が前記感応基板上で互いに接するように前記感応基板へのパターン転写位置を調整して、前記感応基板上の特定範囲に所定のパターンを転写する荷電粒子線転写方法において、

前記マスク上の限られた範囲内に配列された複数の前記小領域を荷電粒子線で順次周期的に複数回照射するのに対応して、前記感応基板上でも周期的に繰り返し複数回パターンを転写する際の荷電粒子線の偏向を静電偏向器で行い、前記限られた範囲外への荷電粒子線の偏向を電磁偏向器で行うようにしたことを特徴とする荷電粒子線

転写方法。

【請求項4】 感応基板の特定範囲に転写すべきパターンを、少なくともその一部はマスク上で互いに離間する複数の小領域に分割して形成し、前記小領域を照射単位として前記マスクへの荷電粒子線の照射を繰り返すと共に、前記複数の小領域に対応する前記感応基板上の複数の小転写領域が前記感応基板上で互いに接するように前記感応基板へのパターン転写位置を調整して、前記感応基板上の特定範囲に所定のパターンを転写する荷電粒子線転写方法において、

前記マスク上の前記複数の小領域を囲む境界領域を格子状に規則正しく配列し、前記小領域内のパターン領域を前記小領域毎に独立に設定し、且つ前記複数の小領域に対応する前記複数の小転写領域を任意の位置に設定するようにしたことを特徴とする荷電粒子線転写方法。

【請求項5】 感応基板の特定範囲に転写すべきパターンを、少なくともその一部はマスク上で互いに離間する複数の小領域に分割して形成し、前記小領域を照射単位として前記マスクへの荷電粒子線の照射を繰り返すと共に、前記複数の小領域に対応する前記感応基板上の複数の小転写領域が前記感応基板上で互いに接するように前記感応基板へのパターン転写位置を調整して、前記感応基板上の特定範囲に所定のパターンを転写する荷電粒子線転写方法において、

前記マスク上では1つのパターンを2個の小領域に相補パターンとして配分した場合も含めて、前記マスク上の所定の小領域での前記感応基板上への荷電粒子線の照射量が所定量を超える場合、前記照射量が前記所定量を超えないように前記小転写領域のパターンを前記の場合以上の数の小領域に分割して持ち、転写の際はこれら分割された小領域が前記感応基板上で重なるようにすることを特徴とする荷電粒子線転写方法。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、例えば半導体集積回路等を製造するためのリソグラフィー工程等で使用される荷電粒子線転写方法に関し、詳しくは電子線やイオンビーム等の荷電粒子線の照射によりマスク上のパターンを分割転写方式で感応基板上に転写する荷電粒子線転写方法に関する。

**【0002】**

【従来の技術】近年、転写パターンの解像度の向上とスループット（生産性）の向上との両立を可能とした荷電粒子線転写装置の検討が進められている。このような転写装置としては、1ダイ（1枚のウエハに形成される多数の集積回路の1個分に相当する。）又は複数ダイ分のパターンをマスクから感応基板へ一括して転写する一括転写方式の装置が従来より検討されていた。ところが、一括転写方式は、転写の原版となるマスクの製作が困難で、且つ1ダイ分以上の大きな光学フィールド内で荷電

粒子光学系（以下、単に「光学系」と呼ぶ）の収差を所定値以下に収めることが難しい。そこで、最近では感応基板に転写すべきパターンを1ダイに相当する大きさよりも小さい複数の小領域に分割し、各小領域毎に分割してパターンを転写する分割転写方式の装置が検討されている。

【0003】図13は、従来の分割転写方式の電子線縮小転写装置の一例を示し、この図13において、不図示の電子線源から射出されて断面が正形状に整形された電子線EBが、不図示の偏向器により光学系の光軸AXから所定の距離 $\delta$ だけ偏向せしめられてマスク2に設けられた複数の小領域2aの一つに導かれる。ここで、小領域2aは、ウエハ5に転写すべきパターン形状に対応する電子線の透過部が設けられた部分である。各々の小領域2aは、電子線を遮断しあるいは拡散する境界領域2bによって互いに区分されている。小領域2aを通過した電子線EBは、不図示の第1投影レンズを経て一度クロスオーバ（電子線源の像）COを結んだ後、不図示の第2投影レンズを経て感応基板としての電子線レジストが塗布されたウエハ5上の1つの小転写領域5bに集束される。これによって、その小領域2aに形成された電子線の透過部に対応したパターンの像が、その小転写領域5bに所定の縮小率（例えば1/4）で投影される。なお、光軸AXに平行にZ軸を取り、Z軸に垂直な平面内で小領域2aの直交する2辺に平行にX軸、Y軸を取っている。

【0004】転写時には、小領域2aを単位として電子線EBの照射が繰り返され、各小領域2aの電子線透過部に対応するパターンの縮小像がウエハ5上の異なる小転写領域5bに順次転写される。ウエハ5に対するパターン像の転写位置は、マスク2とウエハ5との間の光路中に設けられた不図示の偏向器により、各小領域2aに対応する小転写領域5bが互いに接するように調整される。即ち、小領域2aを通過した電子線EBを不図示の第1投影レンズ及び第2投影レンズを介してウエハ5上に集束させるだけでは、マスク2の小領域2aのみならず境界領域2bの像までも所定の縮小率で転写され、境界領域2bに相当する無露光領域が各小転写領域5bの間に生じる。そのため、境界領域2bの幅に相当する分だけパターン像の転写位置をずらしている。1枚のマスク2に形成された全ての小領域2aに対応するパターン像がウエハ5上に転写されると、ウエハ5上の1ダイ分の転写領域5aへのパターンの転写が終了する。この際、各小領域毎に被転写面上に結像される小領域の像の焦点位置やフィールドの歪み等の収差等を補正しながら転写を行う。これにより、一括転写方式に比べて光学的に広い領域に亘って解像度及び精度の良好な転写を行うことができる。

【0005】なお、特開平5-36593号公報には、メモリセルのような繰り返しパターンに対応する開口部

をマスクに形成し、かかる開口部の像をウエハ上の複数位置に繰り返し転写する方法が開示されている。斯かる方法は、繰り返しパターン以外のパターンをマスク単独で発生させることなく可変整形絞りにより発生させている点で、感応基板に形成すべきパターンをマスクに分割して設け、全てのパターン像をマスク単独で発生させることを前提とした本願発明の転写方法とは異なる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】上述の分割転写方式では、マスク2の小領域2aとウエハ5の小転写領域5bとを1:1に対応させている。例えば、図14(b)に示すようにウエハ5上の1ダイ分の転写領域5aを100個の小転写領域5bに分割して転写する場合、図14(a)に示すように、マスク2には小転写領域5bの分割数と同数の100個の小領域2aが設けられる。マスク2からウエハ5へはパターンが縮小して転写されるため、単一の小領域2aの大きさは、それに対応する単一の小転写領域5bの大きさに対して縮小率の逆数倍だけ大きい。加えてマスク2には小領域2aのみならず境界領域2bも設けられる。従って、図14に示すように、マスク2の小領域2aが設けられる範囲（以下、「パターン領域」と呼ぶ。）2Pの大きさは、ウエハ5側の全ての小転写領域5aに対応するマスク2上の小領域の合計面積よりも常に大きい。なお、図14(a)ではパターン領域2P及び転写領域5aが1ダイ分に相当するとみなしたが、常に1ダイ分に等しいとは限らない。

【0007】ところで、電子線転写装置では、光学系の収差のために電子線の照射位置が光学系の光軸AXから離れるほど、換言すれば図13に示す偏向量 $\delta$ が大きくなるほど解像度等の光学的誤差が大きくなる。マスク側及びウエハ側で光学的誤差が許容範囲に収まる範囲を考えたとき、両範囲は何れもマスク面及びウエハ面上で光学系の光軸AXを中心とする円形の領域として与えられる。以下では、マスク側で光学的誤差が許容範囲に収まる範囲を「マスク側光学的フィールド」、ウエハ側で光学的誤差が許容範囲に収まる範囲を「感応基板側光学的フィールド」と呼ぶ。上述の図13では、マスク2及びウエハ5を何れも静止させた状態で全ての小領域2aのパターンをウエハ5に所定の精度で転写するためには、マスク2のパターン領域2Pが円形のマスク側光学的フィールドCm内に、ウエハ5の1つの転写領域5aが円形の感応基板側光学的フィールドCw内にそれぞれ入っている必要がある。

【0008】ここで、縮小転写の場合には、マスク側光学的フィールドCmは感応基板側光学的フィールドCwよりも相対的に大きいから、結局、マスク2のパターン領域2Pやそれに対応するマスク5側の転写領域5aの大きさは転写装置のマスク側光学的フィールドCmの大きさによって制限される。換言すれば、ウエハ側では、光学的フィールドに十分に余裕があるにも拘わらず、それ

よりも小さい限られた範囲にしかパターンを転写できないことになる。従って、ウエハ5の複数の転写領域5aが転写装置の感応基板側光学的フィールドCwに一度に入っていたとしても、感応基板側光学的フィールドよりも狭い限られた範囲にそれぞれの転写領域5aを順次繰り出す動作が必要となり、ウエハ5を移動させるステージの駆動時間が全工程に占める割合が長くなってスループットが低下する。特にステージを折り返すとき（駆動方向を変換するとき）のオーバーヘッド時間が累積されると無駄時間が膨らみ、スループットが大きく低下する。

【0009】そこで、このようなスループットの低下を防止するためには、マスク上の複数の小領域で同一のパターンを有する複数の小領域については1つの小領域に集約し、その集約された小領域のパターンをウエハ上の対応する複数の小転写領域に繰り返して転写する方式が考えられる。そのように共通のパターンが集約されたマスクを「圧縮されたマスク」と呼ぶ。

【0010】特に、例えばダイナミック・ランダム・アクセス・メモリ（DRAM）のように共通回路パターンの多いパターンを転写する場合、そのような圧縮されたマスクを使用して分割転写方式で転写を行うことによって、マスクを1桁以上小さくすることができる。また、転写する際、マスクを搭載したステージを高速で移動する必要もなくなる。しかしながら、そのように圧縮されたマスクを使用する場合、マスク上の各小領域のパターンの配列、及び転写の順序を考慮しないと、例えばマスク上の1つの小領域から次の小領域に移動する際の偏向器による移動量（偏向移動量）が大きな距離となる場合が生ずる。このように連続して転写を行う小領域間での偏向移動量が大きくなると、偏向器の整定時間を長く必要として、結果としてスループットが低下するという不都合がある。

【0011】次に、DRAMのメモリセルの部分のパターンはかなり大きな範囲で繰り返し性がある。このような場合に圧縮されたマスクを使用すると、マスク上の1つの小領域のパターンが何度も繰り返してウエハ上の異なる多くの小転写領域へ転写されることとなる。しかし、この際にマスク上の1つの小領域を長時間荷電粒子線で照射することによって、この小領域の温度が上昇し、マスク基板の熱膨張によりその小領域内のパターンの位置精度が低下してしまうという不都合がある。

【0012】これに関して、マスク上の1つの小領域、又はウエハ上の1つの小転写領域への荷電粒子線の照射量が多い場合、荷電粒子線の照射によるそれらの温度上昇を抑制するため、例えばその1つの小領域と同一のパターンを隣接する複数の小領域に共通に形成し、これら隣接する複数の小領域を周期的に複数回照射する方法も考えられる。しかしながら、このように複数の小領域を周期的に複数回照射すると、偏向器の整定時間が小領域

の個数に比例して増加するためスループットの低下を招くという不都合がある。特に、偏向器として電磁偏向器を用いた場合には長い整定時間が必要であるため、全体としての整定時間が長くなる。なお、通常大偏向を行う際には、収差低減のため静電偏向器ではなく電磁偏向器が用いられるため、マスク上の全部の小領域について静電偏向器を用いるのは精度上で問題がある。

【0013】また、マスクを容易に作製するためには、マスク上の小領域2aを隔てる境界領域2bは規則正しく格子状に形成する必要がある。更に、マスク上の各小領域への荷電粒子線の照射面積は一定であるので、1つのマスク内で小領域の大きさを変化させると、各小領域内のパターンの全面を照射できなかったり、隣接する小領域を同時に照射してしまったりする恐れがある。しかしながら、ウエハ上でのパターンの繰り返しピッチは必ずしも一定ではなく、例えば繰り返しピッチの異なる複数種類のパターンの原版をそれぞれ同じ大きさの異なる小領域に集約しようとしても困難な場合がある。

【0014】更に、電子ビームやイオンビーム等の荷電粒子線を用いる転写の場合、荷電粒子同士の反発により所謂クーロン効果ぼけが発生して、転写像がぼけるという現象があり、これが転写の際の電流密度を制限している。そのため、マスク上の多数の小領域の内で最もウエハ面上での照射量の多い小領域を基準にして、ウエハへの転写時の電流密度を制限しなければならない。すると、電流的にかなり余裕のある小領域が多くなり、全体的にみると照射時間が長くなって、スループットが高められないという不都合がある。

【0015】本発明は斯かる点に鑑み、圧縮されたマスクを使用して分割転写方式で転写を行う際に、マスク上で連続して転写を行う小領域の間隔を短かくしてスループットを向上できる荷電粒子線転写方法を提供することを第1の目的とする。また、本発明は、圧縮されたマスクを使用して分割転写方式で転写を行う際に、マスク上で特定の小領域のみに長時間荷電粒子線が照射されることを防止して、転写されるパターンの位置精度を高精度に維持できる荷電粒子線転写方法を提供することを第2の目的とする。

【0016】また、本発明は、分割転写方式で転写を行う際に、マスク上で隣接する複数の小領域のパターンを周期的に転写する際の荷電粒子線の偏向を高速に行うことができると共に、離れた小領域間での荷電粒子線の偏向を高精度に行うことができる荷電粒子線転写方法を提供することを第3の目的とする。更に、本発明は、圧縮されたマスクを使用して分割転写方式で転写を行う際に、感応基板上で繰り返しピッチの異なる複数種類の周期的なパターンに対しても、マスク上の共通の小領域を用いてパターンを圧縮して転写を行うことができる荷電粒子線転写方法を提供することを第4の目的とする。

【0017】更に、本発明は、分割転写方式で転写を行

う際に、マスク上の複数の小領域中で特に荷電粒子線の照射量が多くなる小領域を無くして、スループットをあまり低下させることなくクーロン効果によるぼけを回避できる荷電粒子線転写方法を提供することを第5の目的とする。

#### 【0018】

【課題を解決するための手段】本発明による第1の荷電粒子線転写方法は、例えば図2に示すように、感応基板(60)の特定範囲(60Q)に転写すべきパターンを、少なくともその一部はマスク(50)上で互いに離間する複数の小領域(SF1,1, SF1,2, ...)に分割して形成し、それら小領域を照射単位としてマスク(50)への荷電粒子線の照射を行い、そのときそれら小領域の少なくとも一部(SF1,2)は複数回照射を行い、この照射により感応基板(50)上では異なる複数の小転写領域(PF1,2, PF1,4)にそれぞれパターンを転写すると共に、それら小領域に対応する小転写領域(PF1,1, PF1,2, ...)が感応基板(60)上で互いに接するように感応基板(60)へのパターン転写位置を調整して感応基板(60)上の特定範囲(60Q)に所定のパターンを転写する荷電粒子線転写方法に関する。

【0019】そして、本発明は、例えば図3～図5に示すように、そのマスク上の限られた範囲(51P)内で1列又は複数列(1行又は複数行の場合も含む、以下同様)を単位として考えたとき1方向(Y方向)に配列された小領域(P1,1～P1,18, P2,1～P2,18; P3,8～P3,11)に荷電粒子線を順次照射したとき、その感応基板上ではそのマスク上でのそれら小領域の配列方向と同じ方向へ1列又は複数列の小転写領域(Q1,1～Q1,18)に順次転写する方法と、それら小領域の配列方向に直交する方向へ1列又は複数列の小転写領域(Q2,18～Q5,18)に順次転写する方法と、を含むものである。

【0020】斯かる本発明によれば、感応基板上に例えば、図3(b)に示すような繰り返し性の無い周辺回路62、及び繰り返し性のあるメモリセル63A、63Bよりなる回路ブロック61Aのパターンを転写する場合、図5の感応基板上で縦方向(これをY方向とする)へ配列される周辺回路用の小転写領域Q1,1～Q1,18に対応する原版パターンは、図4のマスク上で例えば2列を単位としてY方向に配列された小領域P1,1～P1,18, P2,1～P2,18に形成する。また、感応基板上で横方向(これをX方向とする)へ配列される周辺回路用の小転写領域Q2,18～Q5,18の原版パターンは、マスク上で例えば1列を単位としたY方向に配列された小領域P3,18～P3,11に配列する。そして、転写の順序は、マスク上では軌跡5の順序で行い、感応基板上では軌跡64の順序で行う。従って、マスク上の荷電粒子線の偏向の動きと感応基板上での荷電粒子線の偏向の動きとは異なる。こうすることにより、マスク上でも感応基板

上でも隣接した小領域、又は小転写領域への偏向移動が大部分となり、小領域が圧縮されたマスクを用いた転写露光方式においても、偏向器の整定時間をさほど長くすることなく転写露光することができる。

【0021】また、本発明の第2の荷電粒子線転写方法は、例えば図2に示すように、感応基板(60)の特定範囲(60Q)に転写すべきパターンを、少なくともその一部はマスク(50)上で互いに離間する複数の小領域(SF1,1, SF1,2, ...)に分割して形成し、それら小領域を照射単位としてマスク(50)への荷電粒子線の照射を繰り返すと共に、それら複数の小領域に対応する感応基板(60)上の複数の小転写領域(PF1,1, PF1,2, ...)が感応基板(60)上で互いに接するようにその感応基板へのパターン転写位置を調整して、その感応基板上の特定範囲(60Q)に所定のパターンを転写する荷電粒子線転写方法に関する。

【0022】そして、本発明では、例えば図4及び図5に示すように、そのマスク上の限られた範囲内に配列された複数の小領域(P3,10～P6,10, P6,9～P3,9)を荷電粒子線で順次周期的に複数回照射したとき、その感応基板上ではその限られた範囲内の小領域の個数よりも多い複数の小転写領域(Q2,17, ..., Q5,17～Q2,2, ..., Q5,2)に順次パターンを転写するようにしたものである。

【0023】斯かる本発明によれば、マスク上の1つの小領域を感応基板上の複数の小転写領域へ転写する場合、通常はマスク上のその小領域を長時間荷電粒子線で照射することになる。それを避けるため、図4に示すように、マスク上には1つではなく複数の同一パターンの小領域(P3,10, P5,10, P6,9, P4,9)を作りつけておき、これを周期的に繰り返し利用する。こうすることにより、各小領域の温度は照射により一時的に上昇するが、次に照射するまでには熱が拡散しており、1回照射したときの小領域の上昇温度と殆ど変わらない。従って、マスク上の小領域内の熱膨張によるパターン位置精度の低下が生じることはない。

【0024】次に、本発明による第3の荷電粒子線転写方法は、その第2の荷電粒子線転写方法と同じ前提のもとで、例えば図8に示すように、そのマスク上の限られた範囲内に配列された複数の小領域(SF1,1～SF3,3)を荷電粒子線で順次周期的に複数回照射するのに対応して、その感応基板上でも周期的に繰り返し複数回パターンを転写する際の荷電粒子線の偏向を静電偏向器で行い、その限られた範囲外への荷電粒子線の偏向を電磁偏向器で行うようにしたものである。

【0025】通常、大偏向を行うためには、収差低減の観点から、静電偏向器ではなく電磁偏向器が用いられるが、小偏向には静電式でも問題はない。一方、電磁偏向は整定時間が比較的長く必要であるが、静電偏向では整定時間は短くてよく、電磁偏向の場合の10分の1から

100分の1位である。そこで、本発明では、マスク又は感応基板の温度上昇回避のために複数の小領域を周期的に繰り返し照射するが、このときは静電偏向器を用いる。また、その外の範囲への偏向は電磁偏向器を用いる。このように、ある限定した範囲内の複数の小領域を静電偏向器を用いて繰り返し照射することにより、精度とスループットとを両立することができる。

【0026】次に、本発明による第4の荷電粒子線転写方法は、その第2の荷電粒子線転写方法と同じ前提のもとで、例えば図2に示すように、そのマスク上の複数の小領域(SF<sub>1,1</sub>, SF<sub>1,2</sub>, ...)を囲む境界領域(BF)を格子状に規則正しく配列し、それら小領域内のパターン領域をそれら小領域毎に独立に設定し、且つそれら複数の小領域に対応する複数の小転写領域(SF<sub>1,1</sub>, SF<sub>1,2</sub>, ...)を任意の位置に設定するようにしたものである。

【0027】斯かる本発明によれば、特に繰り返し性のあるパターンに対して、マスク上の1つの小領域を用いて感応基板の複数の小転写領域への転写を行う際に、繰り返しパターンが1種類ではなく複数種類存在するような場合、パターンの繰り返しピッチはそれぞれで異なることがある。例えば図9に示すように、幅X<sub>2</sub>×Y<sub>2</sub>のパターン65を基本とする繰り返しパターンと、幅X<sub>3</sub>×Y<sub>3</sub>のパターン66を基本とする繰り返しパターンとが存在するような場合、幅Y<sub>3</sub>が幅X<sub>2</sub>、Y<sub>2</sub>、X<sub>3</sub>より大きいとすると、複数の小領域は幅Y<sub>3</sub>×Y<sub>3</sub>の大きさに設定する。そして、各小領域内でのパターン配置は、パターン65又は66のように各小領域と同じか、又はそれよりも小さくしておく。勿論、このパターンは周期性のある形状にしておくわけである。そして感応基板へ露光転写する際は、これを感応基板上での設計パターン通りに偏向器を介して位置決めする。この方法により、効率良く繰り返しパターンを転写露光することが可能になる。繰り返しパターンでない場合も同様である。

【0028】次に、本発明による第5の荷電粒子線転写方法は、その第2の荷電粒子線転写方法と同じ前提のもとで、例えば図10に示すように、そのマスク上では1つのパターン(67)を2個の小領域(56A, 56B)に相補パターンとして配分した場合も含めて、そのマスク上の所定の小領域でのその感応基板上への荷電粒子線の照射量が所定量を超える場合、その照射量がその所定量を超えないようにその小転写領域に転写されるべきパターン(67)を前述の場合以上の数の小領域(56C~56E)に分割して持ち、転写の際はこれら分割された小領域がその感応基板上で重なるようにして元のパターンを形成するものである。

【0029】例えばマスクとして、穴あきステンシルマスクを使用する場合、パターンを相補な2つの小領域に分割する必要がある。これに対して散乱マスクの場合は分割する必要がある。穴あきステンシルマスクの場合は

分割した後の或る小領域、又は散乱マスクの場合は或る小領域のパターン密度が大きく、クーロン効果ぼけが問題であるが他の多くの小領域については問題ないというような場合、従来では転写装置の電流密度を下げて全体を転写露光していた。しかし、こうするとスループット上効率が悪い。そこで、前記のような小領域のみ、穴あきステンシルマスクの場合は2つではなく3つ以上の小領域に、散乱マスクの場合は2つ以上の小領域に分割する。転写時はこれらを重ねて転写する。こうすることにより、電流密度を下げることなく、効率良く高いスループットで転写することができる。

#### 【0030】

【発明の実施の形態】以下、本発明による荷電粒子線転写方法の実施の形態の一例につき図1~図12を参照して説明する。本例は分割転写方式の電子線縮小転写装置で転写を行う場合に本発明を適用したものである。先ず、図1は本例で使用する電子線縮小転写装置の概略構成を示し、この図1において、光学系(電子光学系)の光軸に平行にZ軸を取り、Z軸に垂直な平面内で図1の紙面に垂直にX軸を、図1の紙面に平行にY軸を取って説明する。電子銃10から放出された電子線EBはコンデンサレンズ11で平行ビームとされ、視野選択偏向器12A, 12BによりXY平面(X軸及びY軸と平行な平面)内で偏向されてマスク50の1つの小領域に導かれる。視野選択偏向器12Aは電磁方式、視野選択偏向器12Bは静電方式であり、通常は電磁方式の視野選択偏向器12Aを使用して、狭い範囲で高速に繰り返し電子線を移動する際には静電方式の視野選択偏向器12Bを使用する。マスク50については後述する。

【0031】マスク50を通過した電子線EBは偏向器13A, 13Bにより所定量偏向された上で投影レンズ14により一度クロスオーバーCOを結んだ後、対物レンズ15、偏向器14A, 14Bを介して電子線レジストが塗布されたウエハ60上に集束され、ウエハ60上の所定位置にマスク50の1つの小領域の所定の縮小率(例えば1/4)の像が転写される。偏向器13A, 14Aは電磁方式、偏向器13B, 14Bは静電方式であり、通常は電磁方式の偏向器13A, 14Aを使用し、狭い範囲で高速に繰り返し電子線を移動する際には静電方式の偏向器13B, 14Bを使用する。マスク50はマスクステージ16にXY平面と平行に取り付けられる。マスクステージ16は、駆動装置17によりX軸方向に連続移動し、Y軸方向にステップ移動する。マスクステージ16のXY平面内での位置はレーザ干渉計18で検出されて制御装置19に出力される。

【0032】ウエハ60は、試料台20上の可動ステージ21上にXY平面と平行に保持されている。可動ステージ21は、駆動装置22によりマスクステージ16のX軸方向の連続移動とは逆方向へ連続移動可能とされる。逆方向としたのはレンズ14, 15によりパターン



像が反転するためである。可動ステージ21のXY平面内での位置はレーザ干渉計23で検出されて制御装置19に出力される。

【0033】制御装置19は、入力装置24から入力される露光データと、レーザ干渉計18、23が検出するマスクステージ16及び可動ステージ21の位置情報とに基づいて、視野選択偏向器12A、12B、及び偏向器13A、13B、14A、14Bによる電子線EBの偏向量を演算すると共に、マスクステージ16及び可動ステージ21の動作を制御するために必要な情報（例えば位置及び移動速度）を演算する。偏向量の演算結果は偏向量設定器25、26に出力され、これら偏向量設定器25及び26によりそれぞれ、視野選択偏向器12A、12B及び偏向器13A、13B、14A、14Bの偏向量が設定される。ステージ16、21の動作に関する演算結果はドライバ27、28にそれぞれ出力される。ドライバ27、28は演算結果に従ってステージ16、21が動作するように駆動装置17、22の動作を制御する。なお、入力装置24としては、露光データの作成装置で作成した磁気情報を読み取るもの、マスク50やウエハ60に登録された露光データをこれらの搬入の際に読み取るもの等適宜選択してよい。

【0034】図2(a)は本例のマスク50の小領域が存在するパターン領域50Pを示すものである。本例では、電子線照射光学系のマスク側光学的フィールドCmよりもX軸方向に大きなパターン領域50PがX方向、Y方向に所定ピッチで正方形の小領域 $SF_{1,1}$ 、 $SF_{1,2}$ 、 $\dots$ 、 $SF_{2,1}$ 、 $\dots$ に分割され、これらの小領域 $SF_{i,j}$  ( $i=1, 2, \dots$ ;  $j=1, 2, \dots$ )は電子線を遮断し、あるいは拡散する境界領域BFにて互いに区分されている。小領域 $SF_{i,j}$ には、ウエハに転写すべきパターン形状に対応した電子線の透過部が設けられている。なお、電子線転写用のマスク50としては、例えば図12(a)に示すように窒化シリコン(SiN)等の薄膜にて電子線の透過部BTを形成し、その表面に適宜タングステン製の散乱部BSを設けた所謂散乱マスクと、図12(b)に示すようにシリコン(Si)製の散乱部BSに設けた抜き穴を電子線の透過部BTとする所謂穴空きステンシルマスク等が存在するが、本例では何れでも構わない。

【0035】図2(b)は本例のウエハ60上の例えば1ダイの整数分の1分の転写領域60Qを示し、この図2(b)において、転写領域60Qは、X方向及びY方向に正方形の小転写領域 $PF_{1,1}$ 、 $PF_{1,2}$ 、 $\dots$ 、 $PF_{2,1}$ 、 $\dots$ に分割され、これらの小転写領域 $PF_{i,j}$  ( $i=1, 2, \dots$ ;  $j=1, 2, \dots$ )の大きさは、マスク50からウエハ60への縮小率を $\beta$  (例えば $1/4$ )とすると、マスク50の小領域 $SF_{i,j}$ の $\beta$ 倍に設定され、且つマスク50の境界領域BFに相当する隙間はなく、隣接する小転写領域 $PF_{i,j}$ は密着して継ぎ合わされている。

【0036】また、転写領域60Qは、感応基板側光学的フィールドCwよりもX軸方向に大きく設定され、図2(a)のマスク50のパターン領域50P内で且つマスク側光学的フィールドCm内の小領域 $SF_{i,j}$ のパターン像を偏向器で振ることによって、図2のウエハ60上の転写領域60Q内で且つ感応基板側光学的フィールドCw内の小転写領域 $PF_{i,j}$ にパターンを転写できるようになっている。そして、本例では、ウエハ60の転写領域60Qに転写すべきパターンを小領域 $SF_{i,j}$ に分割して設ける際、分割後のパターン形状が等しくなるものは適宜共通の小領域に集約する。例えば、ウエハ60上の転写領域60Q内の小転写領域 $PF_{1,2}$ 、 $PF_{1,4}$ 、 $PF_{3,2}$ 、 $PF_{3,4}$ に転写されるパターンが同一であるとすると、それらのパターンの原版パターンはマスク50の例えば1つの小領域 $SF_{1,2}$ に集約する。その結果、本例のマスク50は圧縮されて、パターン領域50P内の小領域 $SF_{i,j}$ の個数は転写領域60Q内の小転写領域 $PF_{i,j}$ の個数よりも少なくなっている。

【0037】以上の構成において、小領域 $SF_{i,j}$ とウエハ60上の小転写領域 $PF_{i,j}$ との対応関係を露光データとして予め図1の入力装置24から制御装置19に inputs。そして、転写時には露光データに従って各小領域 $SF_{i,j}$ のパターン像がウエハ60の指定位置に転写されるように偏向器12A、12B、13A、13B、14A、14Bの偏向量及びステージ16、21の位置を制御する。また、マスクとウエハとの間で、それ以上マスク像が結像できない場合は、転写に伴ってマスクステージ16及び可動ステージ21をX軸方向に互いに逆方向へ連続移動させる。これにより、図2に示すパターン領域50P及び転写領域60Qがそれぞれマスク側光学的フィールドCm及び感応基板側光学的フィールドCwに入り込む領域が逐次変化し、パターン領域50Pにある全ての小領域 $SF_{i,j}$ のパターン像をウエハ60上の転写領域60Qに転写できる。なお、連続移動時のY軸方向への電子線EBの照射位置及びパターン転写位置の調整は偏向器12A、12B、13A、13B、14A、14Bにより行う。転写領域60Qの転写が終了した後は、例えば可動ステージ21をY軸方向へ所定ステップ量だけ移動させてつぎの転写領域への転写を行い、これを繰り返すことによって、1ダイ分の転写領域への転写を実行する。

【0038】ここで、本例では散乱マスク、又は穴空きステンシルマスク等が使用されるが、これらのマスクを使用する場合に孤立的な(島状)非露光パターンが存在すると、マスク上の小領域のパターンを分割する必要があるため、その分割方法の一例につき図7を参照して説明する。図7(a)は本例のウエハ60に転写されるパターンの一例の一部を示し、斜線領域80、81は電子線による露光部、82は露光部81で囲まれた島状の非露光部である。上述の図12(a)に示す散乱マスクで



も、図12(b)に示す穴空きステンシルマスクの場合でも、島状の非露光部82をウエハに転写するためにはそれに対応する大きさの散乱部BSを設ける必要がある。ところが、散乱マスクの場合には島状の非露光部82に対応する散乱部82の周囲が自立性のない薄膜のみとなり、穴空きステンシルマスクの場合は島状の非露光部82に対応する散乱部BSの周囲が抜き穴で囲まれる。後者の場合は単独で島状の非露光部82に対応できる散乱部BSは実現できない。このような問題に対処するため、島状の非露光部82を囲むパターンを2つの相補パターンに分割し、2回に分けて転写する方法が提案されている。本例では4回の重複露光により島状の非露光部82を形成する方法につき説明する。

【0039】図7(b)～(e)は図7(a)のパターンを転写するためのマスク側の小領域を示し、図7(b)は1回目の転写時に使用する小領域91を、図7(c)は2回目の転写時に使用する小領域92を、図7(d)は3回目の転写時に使用する小領域93を、図7(e)は4回目の転写時に使用する小領域94を示す。小領域91、92には、ウエハの露光部80の全体に対応する電子線の透過部BT0と、露光部81を境界線LV3にて分割した形状に対応する電子線の透過部BT1、BT2が形成されている。一方、小領域93、94には、露光部81を境界線LH3にて分割した形状に対応する電子線の透過部BT3、BT4が形成されている。なお、小領域91～94は全て同じ大きさである。

【0040】以上の小領域91～94を備えたマスクにおいて各回の電子線のドーズ量を1回の転写時の略1/2に設定し、小領域91、93のパターン像をウエハ上の同一位置へ、小領域92、94のパターン像を小領域91、93のパターン像に対して小領域91、93の幅の1/2だけ図12の横方向へずらして転写する。小領域91、92のパターン像の転写により露光部81が境界線LV3をつなぎ位置としてウエハ上に転写され、小領域93、94のパターン像の転写により露光部81が境界線LH3をつなぎ位置としてウエハ上に転写される。1回目及び2回目の転写による露光部81のつなぎ位置と、3回目及び4回目の重複転写による露光部81のつなぎ位置とが異なっているので、露光部81を単純に2分割して転写する場合と比べて露光部81のつなぎ位置での電子線ドーズ量の分布が平滑化され、つなぎ位置での誤差が抑制される。

【0041】次に、本例で主にDRAMのパターンをウエハ上に電子線を介して転写する場合の具体的な種々の動作につき説明する。まず、マスク50として穴あきステンシルマスクを用いて、ウエハ上で図3(a)に示すようなX方向の幅X1で、Y方向の幅Y1の1ダイ分の転写領域61QにDRAMのパターンを転写するものとする。一例として、幅X1は36mm、幅Y1は18mmである。また、転写領域61Qのパターンは、図3

(b)に示すようにY方向に対称な構造のストライプ状の第1～第4の転写領域61A～61Dのパターンに分かれ、これら4個の転写領域61A～61D内のパターンは例えば第1の転写領域61Aで示すように、周辺の斜線を施した繰り返し性の無い周辺回路62と、中央部の繰り返し性の有るメモリセル63A、63Bとから構成されているものとする。そこで、第1のX方向に細長い帯状の転写領域61Aに分割転写方式でパターンを転写する場合につき説明する。

【0042】この場合、図3(c)に示すように、本例のマスクのパターン領域51Pを、Y方向に18行で、X方向に42列の小領域に分割し、図3(b)の繰り返し性の無い周辺回路62の原版パターンを、それぞれ2列でY方向に伸びた部分パターン領域52A～52C、及び8行×18列の4個の矩形の部分パターン領域53A～53D内の小領域に割り当てる。更に、図3(b)の繰り返し性の有るメモリセル63A、63Bの原版パターンを、それぞれ2行×18列のX方向に伸びた中央の部分パターン領域54A及び54Bに割り当てる。

【0043】図4は、図3(c)のマスクのパターン領域51P内の小領域の配列を示し、この図4において、Y方向にi行目でX方向にj列目の小領域を小領域 $P_{i,j}$ ( $i=1\sim18$ ;  $j=1\sim42$ )で表している。そして、本例では穴空きステンシルマスクが使用されているため、隣接する2つの小領域に相補パターンが形成されている。例えば1列目の小領域 $P_{1,1}\sim P_{1,18}$ に対してそれぞれ小領域 $P_{2,1}\sim P_{2,18}$ に相補パターンが形成され、3列目の1つおきの小領域 $P_{3,18}$ 、 $P_{3,16}$ …に対してそれぞれ1つおきの小領域 $P_{3,17}$ 、 $P_{3,15}$ …に相補パターンが形成されている。同様に、中央のメモリセル63Aに対応する中央の2行×18列の部分パターン領域54Aにおいては、1つおきの小領域 $P_{3,10}$ 、 $P_{5,10}$ 、 $P_{6,9}$ 、 $P_{4,9}$ に対してそれぞれ1つおきの小領域 $P_{4,10}$ 、 $P_{6,10}$ 、 $P_{5,9}$ 、 $P_{3,9}$ に相補パターンが形成されている。また、メモリセルでは、小領域 $P_{3,10}$ 、 $P_{5,10}$ 、 $P_{6,9}$ 、 $P_{4,9}$ のパターンは同一である。

【0044】図5は、図3(b)のウエハ上の第1の転写領域61A内の小転写領域の配列を示し、この図5において、Y方向にi行目でX方向にj列目の小転写領域を小転写領域 $Q_{i,j}$ ( $i=1\sim18$ ;  $j=1\sim$ )で表している。この場合、中央部のメモリセル63A、63Bの2行目～17行目の小転写領域 $Q_{i,j}$ には互いに同一のパターンが転写される。

【0045】このような小領域及び小転写領域の配列のもとで、図1の視野選択偏向器12A、12B、及び偏向器13A、13B、14A、14Bを駆動して電子線を偏向して転写を行う順序は、先ずマスクのパターン領域51Pでは、図4の軌跡55で示すように左上の小領域 $P_{1,1}$ のパターンから転写を開始して、以下、小領域 $P_{2,1}$ 、 $P_{1,2}$ 、 $P_{2,2}$ 、…、 $P_{2,18}$ 、 $P_{1,18}$ と2列の小領域

のパターンを-Y方向に移動して順番に転写する。この際に、例えば小領域 $P_{1,1}$ 及び $P_{2,1}$ のような相補パターンは、ウエハ上の同一の小転写領域 $Q_{1,1}$ に転写する。そして、ウエハ側の転写領域61Aでは、図5の軌跡64で示すように、左上の小転写領域 $Q_{1,1}$ から転写を開始して、以下、1列目の小転写領域 $Q_{1,2}$ 、 $Q_{1,3}$ 、 $\dots$ 、 $Q_{1,18}$ に-Y方向に順番に転写する。

【0046】その後、マスク側で、図4に示すように、3列目の小領域 $P_{3,18}$ 、 $P_{3,17}$ 、 $\dots$ 、 $P_{3,11}$ のパターンを順番に+Y方向に移動して転写するのに対応して、ウエハ側では、図5に示すように、18行目の小転写領域 $Q_{2,18}$ 、 $\dots$ 、 $Q_{5,18}$ に+X方向に順番に転写を行う。そして、メモリセルの部分では、マスク側で、図4に示すように、中央部の8個の小領域 $P_{3,10}$ 、 $P_{4,10}$ 、 $P_{5,10}$ 、 $P_{6,10}$ 、 $P_{6,9}$ 、 $P_{5,9}$ 、 $P_{4,9}$ 、 $P_{3,9}$ に対して繰り返し順番に+X方向又は-X方向に転写するのに対応して、ウエハ側では、図5に示すように、17行目の小転写領域 $Q_{5,17}$ 、 $\dots$ 、 $Q_{2,17}$ ～2行目の小転写領域 $Q_{2,2}$ 、 $\dots$ 、 $Q_{5,2}$ に-X方向又は+X方向に順番に転写を行う。その後は、マスク側では、図4に示すように3列目の小領域 $P_{3,8}$ ～ $P_{3,1}$ のパターンを順番に+Y方向に転写するのに対応して、ウエハ側でも対応する小転写領域への転写が行われる。以下、同様にしてマスクのパターン領域51Pの全部の小領域のパターン像がウエハのパターン領域61Aの対応する小転写領域に転写される。

【0047】この結果、図6に示すように、ウエハ上の転写領域61Aの各小転写領域には、それぞれ図4のマスクの1対の小領域の相補パターンが転写される。図6では、図4の小領域 $P_{i,j}$ のパターンの縮小像をも便宜上 $P_{i,j}$ で表している。例えば、転写領域61Aの1列目の小転写領域には、順次小領域 $P_{1,1}$ 及び $P_{2,1}$ の相補パターン、小領域 $P_{1,2}$ 及び $P_{2,2}$ の相補パターン、 $\dots$ が転写され、メモリセル61A内の小転写領域には、小領域 $P_{3,10}$ 及び $P_{4,10}$ の相補パターン、小領域 $P_{5,10}$ 及び $P_{6,10}$ の相補パターン、 $\dots$ が転写されている。

【0048】この場合、本例では図4の軌跡55、及び図5の軌跡64で示すように、連続して転写を行う小領域 $P_{i,j}$ 、又は小転写領域 $Q_{i,j}$ の間隔は通常はそれぞれ1個分の小領域 $P_{i,j}$ 、又は小転写領域 $Q_{i,j}$ の幅分で済んでいる。従って、図1の視野選択偏向器12B、12A、及び偏向器13A、13B、14A、14Bによる偏向量は通常は大きく飛ぶことはなく効率良く露光することができ、スループットの低下を招くことはない。

【0049】また、本例に関して行ったコンピュータのシミュレーションによれば、図4のマスク上の小領域 $P_{i,j}$ の散乱膜に100 $\mu$ Aの照射電流を30 $\mu$ secの間照射すると、照射直後は小領域 $P_{i,j}$ の温度が上昇するが、連続して配列された小領域に順次照射すると数個

前に照射した小領域の温度は照射前とほぼ同等の温度にまで低下することが分かっている。従って、図4に示すように、マスクのパターン領域51P内で同一形状のパターンが形成された（実際には相補パターンを考慮して2種類ある）8個の小領域 $P_{3,10}$ 、 $P_{4,10}$ 、 $P_{5,10}$ 、 $P_{6,10}$ 、 $P_{6,9}$ 、 $P_{5,9}$ 、 $P_{4,9}$ 、 $P_{3,9}$ を周期的に照射することにより、マスク上の小領域の熱膨張による精度低下を防止できる。

【0050】次に、本例において、例えばマスク上の各小領域に本来は80 $\mu$ secの間電子線を照射しなければならないが、温度上昇の観点から各小領域への照射時間を30 $\mu$ sec以下にしたほうがよいという場合、元の1つの小領域のパターンと同一のパターンを、図8に示すように、例えばマスク上で3行×3列の9個の小領域 $SF_{1,1}$ 、 $SF_{1,2}$ 、 $\dots$ 、 $SF_{3,2}$ 、 $SF_{3,3}$ に形成する。そして、図1の静電型の視野選択偏向器12B、及び静電型の偏向器13B、14Bを駆動して電子線を振ることによって、図8に示すように、それら9個の小領域 $SF_{1,1}$ ～ $SF_{3,3}$ に周期的に3回繰り返して照射を行う。この際に、ウエハ上では同一の1つの小転写領域に転写を繰り返すと共に、1回目及び2回目はそれぞれ30 $\mu$ secの間照射し、3回目は20 $\mu$ secの間照射する。

【0051】そして、この3行×3列以外の範囲の小領域への偏向は電磁偏向で行う。静電偏向器でこれ位の範囲を偏向するには数10V以下でよく、安定時間は数100nsec以下で偏向することができる。なお、電磁偏向の場合は通常10～100 $\mu$ sec位必要である。これによって、マスクの各小領域の温度上昇を抑制し、且つスループットを低下させることなく転写を行うことができる。また、本例では圧縮されたマスクが使用されているため、そのように小領域の個数を増加させても、全体としての小領域の個数は例えばウエハ上の小転写領域の個数より大幅に少なくできる。

【0052】次に、上述の実施の形態では例えば図2(a)に示すように、マスク上のパターン領域50Pを一定のピッチで境界領域BFによって同一の大きさの小領域 $SF_{1,1}$ 、 $SF_{1,2}$ 、 $\dots$ に分割している。しかしながら、ウエハ上の1ダイ分の転写領域内には配列ピッチが異なる複数種類の規則的なパターンが混在する場合がある。

【0053】例えば図9に示すように、ウエハ上の1つのダイ上に2種類のパターン65及び66を繰り返したパターンが存在するものとして、図9(a)に示すX方向の幅X2、且つY方向の幅Y2のパターン65の幅X2及びY2は、一例としてそれぞれ200 $\mu$ m及び230 $\mu$ mであり、図9(b)に示すX方向の幅X3、且つY方向の幅Y3のパターン66の幅X3及びY3は、一例としてそれぞれ180 $\mu$ m及び240 $\mu$ mであるとする。この場合、最も広い幅はY3であるため、マスクが

らウエハへの縮小率を $\beta$ として、図2(a)のマスク上の複数の小領域 $SF_{1,1}, SF_{1,2}, \dots$ を幅 $Y_3/\beta$ 角(この場合 $240/\beta \mu m$ 角)に形成しておき、これら領域 $SF_{1,1}, SF_{1,2}, \dots$ 内のパターンを図9(a)のパターン65の原版、又は図9(b)のパターン66の原版とする。そして、これら小領域のパターンをウエハ上へ転写するときは、勿論それぞれのパターンのピッチに合わせて位置決めして転写する。

【0054】こうすることにより、それぞれのパターンでマスクの境界領域の格子の大きさを変えことなくマスクを形成することができる。従って、マスク上の各小領域への照射ビームの大きさが一定でも問題ない。なお、これは繰り返しパターンのみでなく、繰り返し性の無い周辺回路パターンの場合にも適用できる。後者の場合は繰り返し性がないので、パターンの分割がし易い部分が小領域の境界となるように分割するとよい。

【0055】更に、上述のように、マスクとして穴あきステンシルマスクを用いた場合、ウエハ上の1つの小転写領域用の原版パターンは、マスク上では相補的な2つの小領域に分割される。図10はその分割の一例を示し、図10(a)のウエハ上の1つの小転写領域67の原版パターンが、図10(b)の一方の小領域56Aの相補パターン、及び図10(c)の他方の小領域56Bの相補パターンに分割されている。ところが、例えば図10(b)の小領域56Aの相補パターンでは、ウエハ上に照射される電流量が多く、クーロン効果によるぼけが問題であるとする。このような場合の対策として、本例では、図10(a)の小転写領域67の原版パターンを3分割して、図10(d)に示すように、3個の小領域56C~56Eに一種の相補パターンとして振り分ける。そして、これら3個の小領域56C~56Eのパターンをウエハ上の同一の1つの小転写領域に転写する。こうすると、それぞれの小領域56C~56Eのウエハ上への照射電流は減り、クーロン効果ぼけを回避できる。また、3分割したことにより、マスク上の小領域の数が増加しマスクが大きくなり過ぎないかという心配も考えられるが、小領域圧縮方式を用いた場合はマスクはさほど大きくはならない。

【0056】なお、クーロン効果によるパターン像のぼけは、例えば図11に示すように単一のパターンを転写する場合にも生ずる。このようなパターン像のぼけを回避するには、例えば図11に示すように単一の小転写領域に転写するパターンPT3を、横方向に2つのパターンPT3a, PT3bに分割し、それぞれのパターンPT3a, PT3bをマスクの異なる小領域に設ける方法がある。このような場合にも、本例では例えばパターンPT3を横方向に3個以上に分割することによって、クーロン効果ぼけを十分に小さくできる。

【0057】なお、本発明は上述の実施の形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取

り得ることは勿論である。

#### 【0058】

【発明の効果】本発明の第1の荷電粒子線転写方法によれば、圧縮されたマスクを使用して分割転写方式で転写を行う際に、マスク上で連続して転写を行う小領域の間隔を短かくして転写位置精度を保ちながらスループットを向上できる利点がある。また、本発明の第2の荷電粒子線転写方法によれば、圧縮されたマスクを使用して分割転写方式で転写を行う際に、マスク上で特定の小領域のみに長時間荷電粒子線が照射されることを防止して、転写されるパターンの位置精度を高精度に維持できる利点がある。

【0059】また、本発明の第3の荷電粒子線転写方法によれば、分割転写方式で転写を行う際に、マスク上で隣接する複数の小領域のパターンを周期的に転写する際の荷電粒子線の偏向を高速に行うことができると共に、離れた小領域間での荷電粒子線の偏向を高精度に行うことができる利点がある。また、本発明の第4の荷電粒子線転写方法によれば、圧縮されたマスクを使用して分割転写方式で転写を行う際に、感応基板上で繰り返しピッチの異なる複数種類の周期的なパターンに対してもマスク上の共通の大きさの小領域を用いてパターンを圧縮できるため、マスク上の小領域の個数がむやみに多くならない利点がある。

【0060】また、本発明の第5の荷電粒子線転写方法によれば、分割転写方式で転写を行う際に、マスク上の複数の小領域中で特に荷電粒子線の照射量の多い小領域が無くなるため、スループットをあまり低下させることなくクーロン効果による像のぼけを回避できる利点がある。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態の一例で使用する電子線縮小転写装置を示す概略構成図である。

【図2】(a)はマスク上の小領域の配列の一例を示す平面図、(b)はウエハ上の小転写領域の配列の一例を示す平面図である。

【図3】(a)はウエハ上の1ダイ分の転写領域61Qの一例を示す平面図、(b)はその転写領域61Qを4分割した4個の転写領域61A~61Dを示す平面図、(c)は転写領域61Aに対応するマスク上のパターン領域51P内の小領域の配列の一例を示す平面図である。

【図4】図3(c)のマスク上の小領域の配列、及び転写の順序を示す一部を省略した拡大平面図である。

【図5】図3(b)のウエハ上の転写領域61A内の小転写領域の配列、及び転写の順序を示す一部を省略した拡大平面図である。

【図6】図5のウエハ上の各小転写領域に転写される小領域のパターンを示す一部を省略した拡大平面図である。

【図7】 孤立的なパターンを相補パターンに分解して転写する場合の説明図である。

【図8】 3行×3列の小領域に周期的に繰り返して電子線を照射する場合の説明図である。

【図9】 繰り返しピッチの異なる2種類のパターンの例を示す図である。

【図10】 1つのパターンを3個の小領域のパターンに分割して転写する場合の説明図である。

【図11】 ウエハ上の単一の小転写領域に転写すべきパターンをマスクの複数の小領域に分割して設ける例の説明図である。

【図12】 (a) は拡散マスクを示す断面図、(b) は穴空きステンシルマスクを示す断面図である。

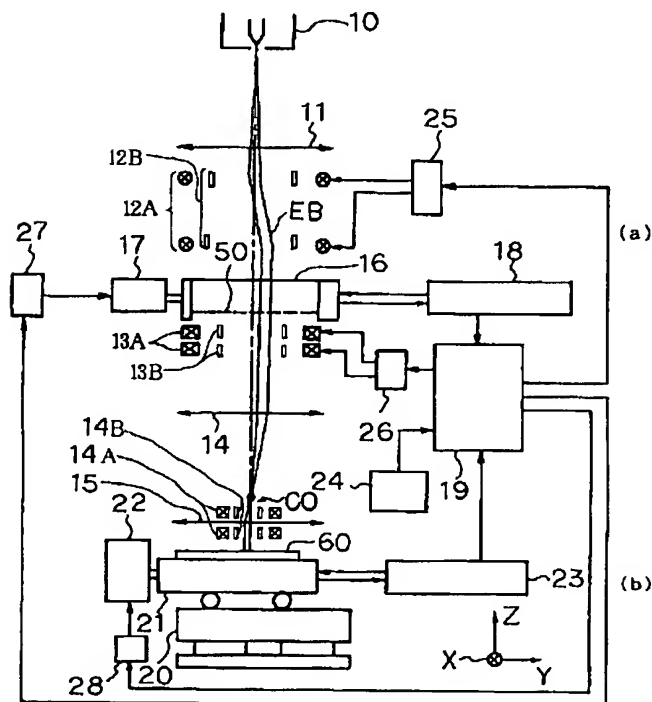
【図13】 従来の分割転写方式の電子線縮小転写装置を示す斜視図である。

【図14】 従来のマスクの小領域とウエハ上の小転写領域との対応を示す図である。

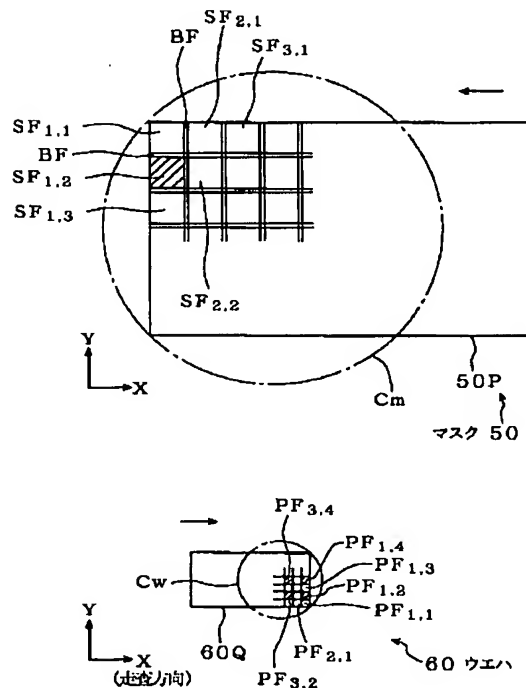
#### 【符号の説明】

- 12A 電磁方式の視野選択偏向器
- 12B 静電方式の視野選択偏向器
- 13A 電磁方式の偏向器
- 13B 静電方式の偏向器
- 50 マスク
- 50P, 51P パターン領域
- 60 ウエハ
- 61A~61D 転写領域
- SF1,1, SF1,2, ... マスクの小領域
- PF1,1, PF1,2, ... ウエハ上の小転写領域
- BF 境界領域
- P1,1, SF1,2, ... マスクの小領域
- Q1,1, PF1,2, ... ウエハ上の小転写領域
- Cm マスク側光学的フィールド
- Cw 感応基板側光学的フィールド

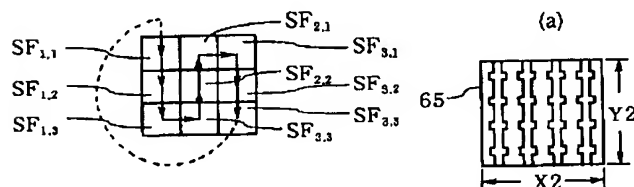
【図1】



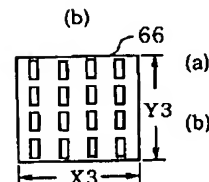
【図2】



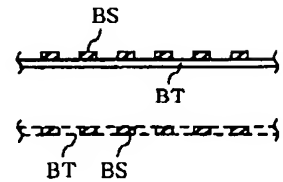
【図8】



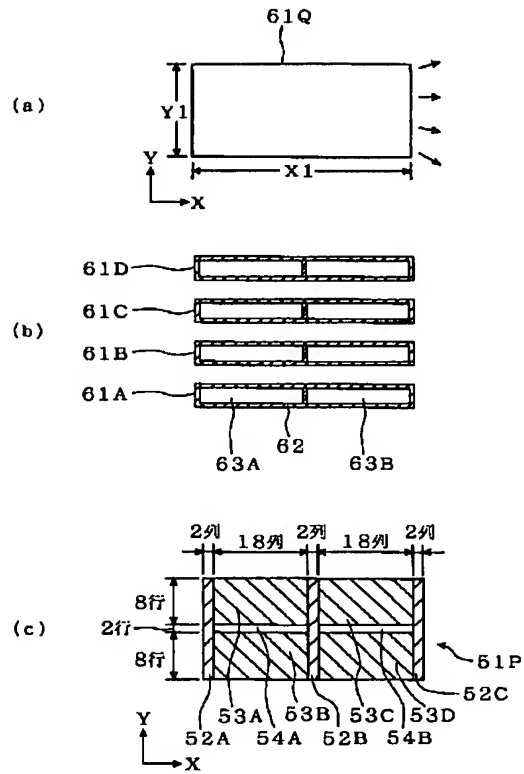
【図9】



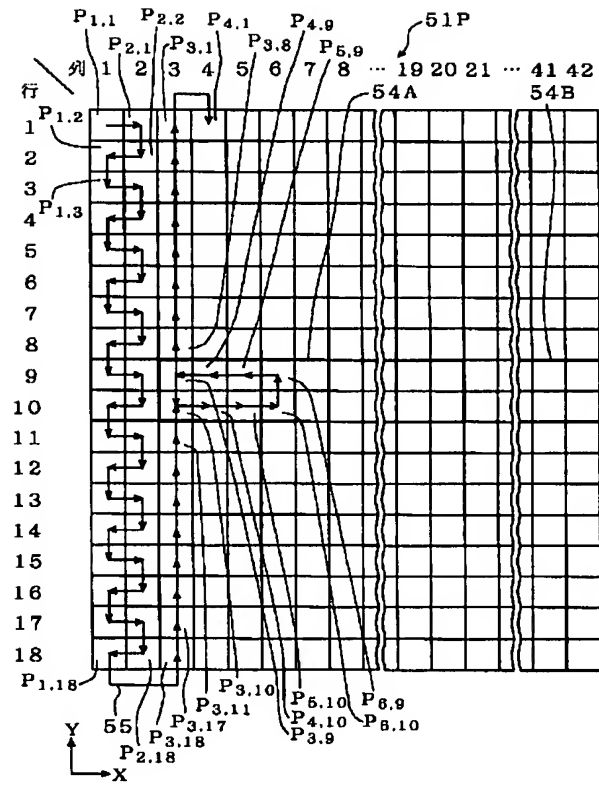
【図12】



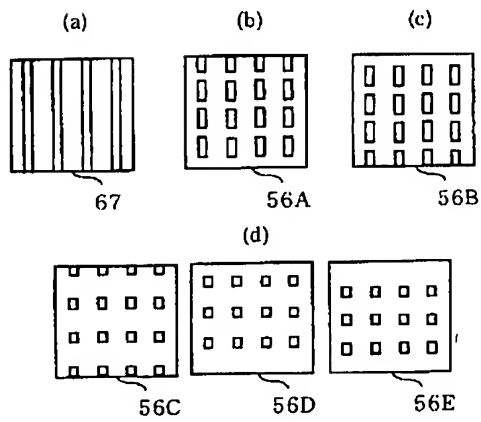
【図3】



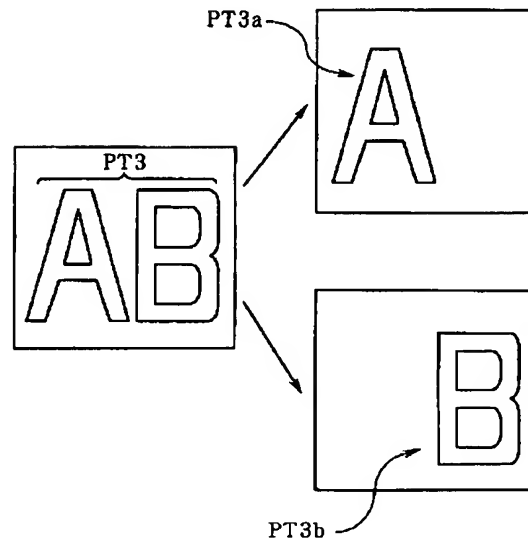
【図4】



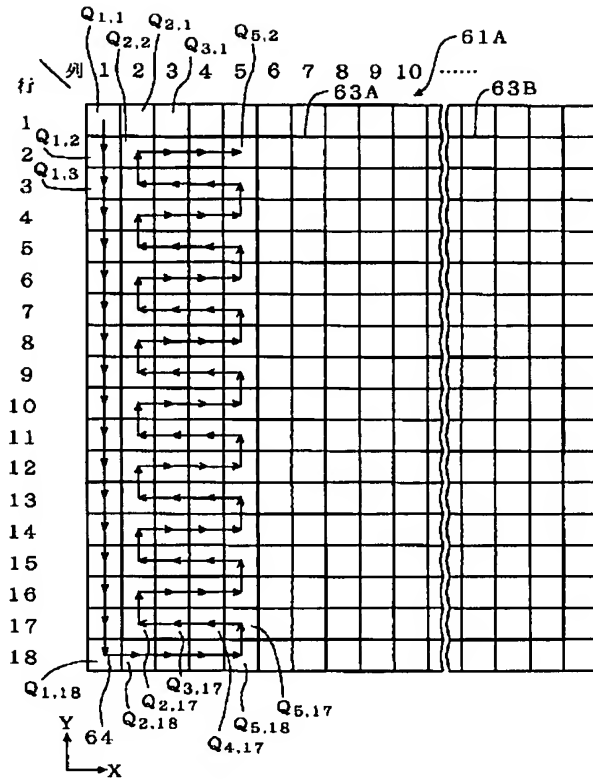
【図10】



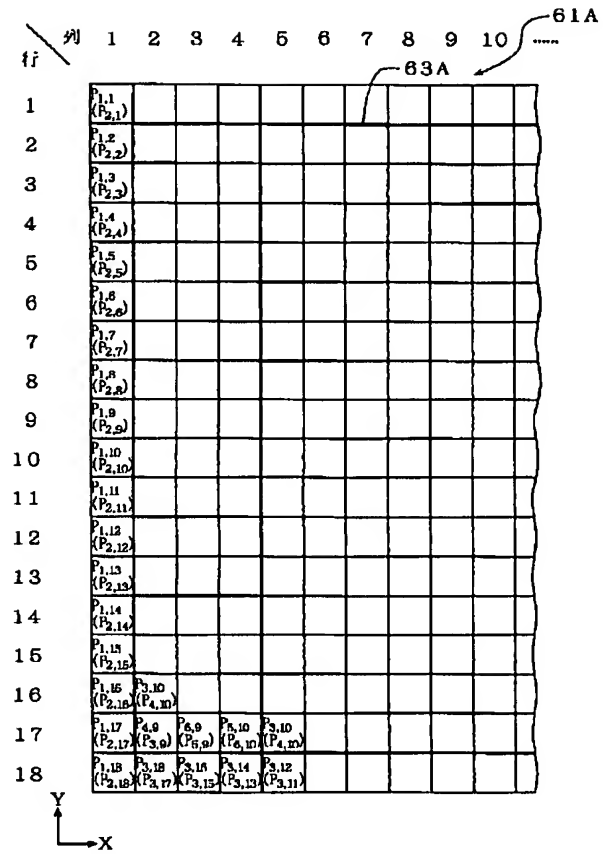
【図11】



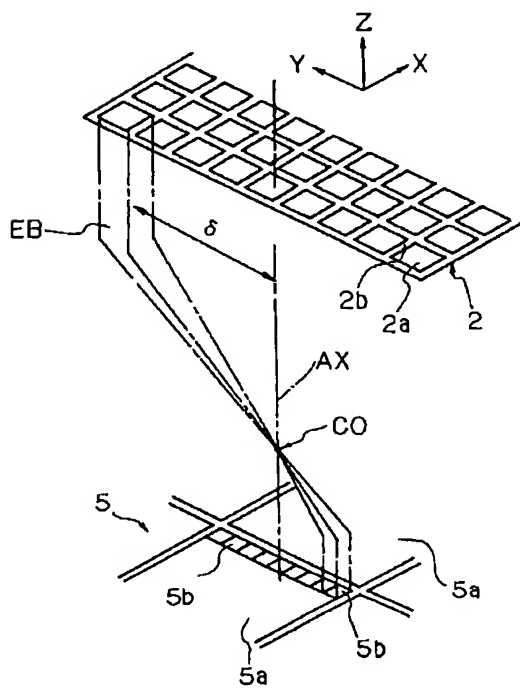
【図5】



【図6】

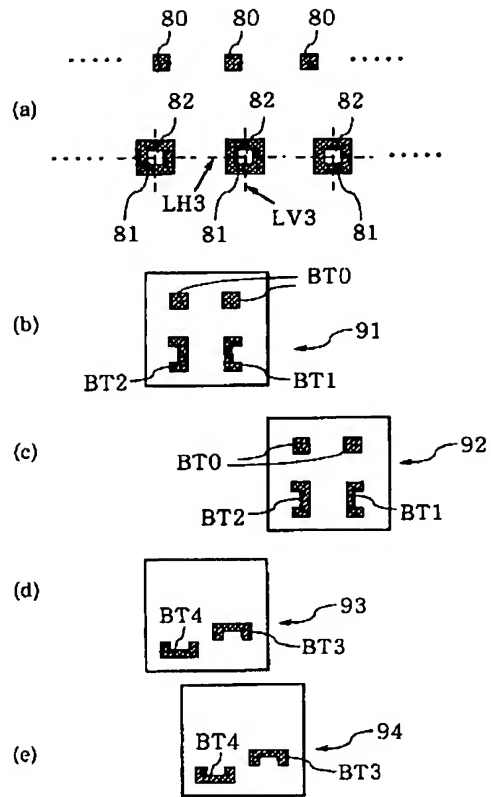


【図13】





【図7】



【図14】

